

V Š B – T e c h n i c k á u n i v e r z i t a O s t r a v a
F a k u l t a e l e k t r o t e c h n i k y a i n f o r m a t i k y
K a t e d r a e l e k t r o n i k y

Polohová regulace střídavého pohonu s asynchronním motorem
Position control AC drive with asynchronous motor

Zadání diplomové práce

Řešitel: **Petr Polách**

Obor: 2642R004 Elektronika

Téma: Polohová regulace střídavého pohonu s asynchronním motorem.

1. Proved'te základní rozbor činnosti servopohonů napájených z měničů frekvence.
2. Specifikujte požadavky na tyto měniče a požadavky na střídavé servomotory.
3. Navrhněte základní konfiguraci laboratorního stanoviště pro ověřování střídavých

Zásady pro vypracování:

Vedoucí: Ing. Václav Sládeček, Ph. D.

Datum zadání: 6. prosince 2008

Termín odevzdání: 10. května 2009

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně.

Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal

7. května 2009

.....

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Václavu Sládečkovi Ph.D. za odborné konzultace a rady, které mi pomohly při vypracování této diplomové práce

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá regulací polohy asynchronního motoru napájeného z frekvenčního měniče. Použitý měnič je výrobek firmy Siemens typ SIMOVERT MASTERDRIVES MOTION CONTROL. Zařízení je vybaveno polohovou regulací s bloky jednoduchého polohování.

Práce se dále zabývá rozбором vlastností používaných střídavých servomotorů. Rovněž popisuje zařízení pro snímání polohy servomotorů.

Jsou specifikovány obecné požadavky na frekvenční měniče pro regulaci polohy. Podrobněji je popsán měnič MASTERDRIVES MC, na kterém bylo provedeno měření.

V praktické části práce bylo provedeno měření polohové regulace v konfiguraci měnič, asynchronní motor, inkrementální rotační snímač. Pro další studijní účely byl zpracován jednoduchý manuál popisující práci s měničem pro ověřování servomotorů. Byly odladěny parametrické sady pro tato měření. Vše, včetně výsledků měření je popsáno a rovněž v elektronické podobě uloženo na příloženém CD.

KLÍČOVÁ SLOVA

Měnič kmitočtu, bezkartáčový motor, asynchronní motor, řízení pohybu, polohová regulace, vektorové řízení, frekvenční regulace, napěťový meziobvod, základní polohování, uzavřená regulační smyčka, korekční blok,

ABSTRACT

The diploma thesis deals with a position regulation of the asynchronous motor powered by the frequency converter. The converter in use is a product of Siemens company, type SIMOVERT MASTERDRIVES MOTION CONTROL. The device is equipped with a motion control with easy positioning blocks.

Furthermore, the thesis is engaged in an analysis of used alternate servo-motors characteristics. It also describes a device for servo-motors position sensing.

The general demands on frequency converters for motion control are specified. In more detail, the MASTERDRIVES MC converter, on which the measurement was carried out, is described.

In the practical part the measurement of motion control in a position of converter, asynchronous motor and incremental rotary position transducer was carried out. For further studying purposes an easy manual describing work with the converter for servo-motors verification was developed. The parametric sets for these measurements were debugged. Everything, including the measurement results, is described as well as stored on the attached CD.

KEY WORDS

Frequency convertor, brushless motor, asynchronous motor, motion control, position control, vector control, frequency control, voltage DC-link, basic positioning, close loop control, correction block

Seznam použitých symbolů a zkratk.

AC	střídavý proud
BICO	binektor, konektor – způsob propojování programových bloků měniče
DC	stejnoseměrný proud
FD	function diagram – přehledové schéma programu měniče
ČSN-EN	česká technická norma harmonizovaná s EU normami
EMC	elektromagnetická kompatibilita
EEPROM	elektricky programovatelná pevná paměť
RAM	operační paměť
KTY84	polovodičové čidlo teploty
PTC	teplotně závislý rezistor
LED	světlo emitující polovodičová dioda
SmCo	samarium-kobalt - magnetický materiál
NdFeB	neodym-železo-bór - magnetický materiál
PTC	teplotně závislý odpor
IRC	inkrementální rotační snímač
IP	internal protection – elektrické krytí přístroje
CUCM	centrální řídicí deska měniče MASTERDRIVES MC
PMU	základní ovládací panel měniče MASTERDRIVES MC
OP1C	komfortní ovládací panel měniče MASTERDRIVES MC
PC	osobní počítač nebo notebook
PWM	pulzně šířková modulace
RS232	sériový komunikační protokol
RS485	sériový komunikační protokol
BCD	binárně-dekadický kód
MC	motion control – regulace polohy
VC	vector control – vektorové řízení měniče
U/f	poměr napětí / kmitočet pro skalární řízení
LU	poměrná elektronická délková jednotka [-]
FWD	směr vpřed
BWD	směr vzad
PI	regulátor proporcionálně-integrační
P	regulátor proporcionální
Kp	zesílení rychlostního regulátoru [-]
I	integrační složka rychlostního regulátoru [ms]
Kv	zesílení polohového regulátoru [% In]
n(set)	Zadání otáček [% n _n]
n(act)	Skutečné otáčky [% n _n]
Isd(act)	Magnetizační proud skutečný [% In]
Isd(set)	Magnetizační proud požadovaný [% In]
Isq(act)	Momentotvorný proud skutečný [% In]
Isq(set)	Momentotvorný proud požadovaný [% In]

PosAct	Poloha skutečná [LU]
PosFix	Poloha zadaná [LU]
Mn	jmenovitý kroutící moment motoru [Nm]
In	jmenovitý proud motoru [A]
Ud	stejnoseměrné napětí meziobvodu frekvenčního měniče [V]

Obsah

Úvod	9
1. Základní rozbor činnosti servopohonů napájených z měničů frekvence	9
1.1. Regulace polohy	10
2. Požadavky kladené na střídavé servomotory	11
2.1. Synchronní servomotory s buzením permanentními magnety	12
2.2. Asynchronní servomotory	12
2.3. Snímače polohy	13
2.4. Resolvery	14
2.5. Snímače na magnetickém principu	14
2.6. Absolutní snímače polohy	15
3. Požadavky kladené na měniče frekvence pro regulaci servomotorů	16
3.1. Popis měničů SIEMENS MASTERDRIVES VC,MC	17
3.1.1. Popis jednotlivých variant dle mechanického uspořádání	19
3.2. Popis řídicích struktur	19
3.3. Hardwarové doplňky a pomocný SW	20
3.4. Použité motory	21
4. Popis měřené úlohy	22
4.1. Popis ovládání měniče	22
4.2. Popis software DRIVEMONITOR	24
4.3. Parametrizace měniče	30
4.4. Popis funkčních bloků - parametrů polohové regulace	32
4.5. Pro měřenou úlohu byly použity následující komponenty:	34
4.5.1. Schéma zapojení a jeho popis	34
5. Jednoduchý manuál měniče MASTERDRIVES MC pro ověřování střídavých pohonů	35
5.1. Otáčkový a polohový regulátor	36
5.2. Polohování s pomocí bloků základního polohování	38
5.2.1. Režimy SETUP, POSITIONING	38
5.2.3. Režimy HOMING MOVEMENT a HOMING FLY	40
6. Měření	42
Závěr	46
Použité podklady:	47
Přílohy	48

Úvod.

Zadané téma diplomové práce jsem si zvolil proto, že jsem donedávna pracoval jako elektro projektant v ALINVEST a.s. Břidličná, kde jsem uváděl v život projekty i v oboru regulovaných pohonů. Přesto, že už 1 rok nejsem v této profesi, tak mám v nové funkci jako vedoucí údržby v Siemens s.r.o. Mohelnice možnost se s regulovanými pohony denně setkávat a využít tak svých zkušeností, získaných na svém předchozím působišti a rovněž v neposlední řadě i čerstvě nabytých vědomostí získaných studiem na vysoké škole.

Regulace polohy patří k jednomu z nejrozšířenějších způsobů využití regulovaných pohonů. Moderní obráběcí stroje pracující ve dvou, častěji však ve třech osách pohybu, využívají regulaci polohy při každém pohybu. Rovněž tento druh regulace nachází uplatnění u navíjecích strojů pro zde vyráběné asynchronní motory. Výrobci regulační techniky je ve světě celá řada. Od malých, úzce specializovaných, až po velké, snažících se pokrýt co největší rozsah poptávky. Mezi takové patří i koncern Siemens. Tématem mé diplomové práce je polohová regulace asynchronního motoru s využitím frekvenčního měniče SIEMENS MASTERDRIVES MOTION CONTROL.

Práce je rozčleněna do několika kapitol.

V první kapitole jsou rozebrány činnosti servopohonů napájených z měničů kmitočtu. Popsána je polohová regulace

Druhá kapitola specifikuje požadavky kladené na střídavé servomotory. Popisuje způsob mechanického provedení takovýchto motorů a rovněž popisuje používané snímače polohy s vysvětlením principu jejich činnosti.

Ve třetím oddílu jsou rozebrány požadavky, které musí splňovat frekvenční měniče pro regulaci polohy. Je zde popsán podrobněji měřený měnič MASTERDRIVES MOTION CONTROL.

Ve čtvrté kapitole je popsána měřená úloha. Je zde popisován způsob uvádění měniče do chodu, jeho parametrizace. Práce s programem DRIVEMONITOR. Rozebrán je způsob měření a prezentování výsledky tohoto měření.

Na závěr je provedeno shrnutí celé práce, provedeno zhodnocení a její přínosy.

V přílohách jsou vyobrazeny větší obrázky, které doplňují popis měniče MASTERDRIVES MC a jsou zde vyobrazeny časové průběhy nasnímaných signálů pro jednotlivé měřené případy v praktické části práce.

1. Základní rozbor činnosti servopohonů napájených z měničů frekvence.

Servopohon zkráceně servo je motor pro pohony, u kterých lze na rozdíl od běžného pohonu nastavit předem definovanou přesnou polohu natočení osy. Ovládají se jím například posuvy os u NC a CNC obráběcích strojů. Mezi další rozsáhlou oblast použití servopohonů pro regulaci polohy patří stroje, kde je nutno úhlově synchronizovat vzájemnou polohu několika hřídelů. Zde patří například tiskařské stroje pro vícebarevný tisk. U tohoto stroje se nanáší na každém úseku jedna barva. Pokud by vzájemné úhlové polohy byly rozdílné, tak by rozdíl ve výsledné kvalitě takového obrázku byl ihned patrný – tzv. soutisk barev. Dále mohou sloužit pro ovládání pohybu regulačních ventilů apod. Z výše uvedených několika příkladů je patrné, že na servopohony jsou kladeny poměrně vysoké nároky z hlediska častých rozběhů a brždění, popřípadě na rovnoměrnost chodu často v rozdílných otáčkách.

Elektrické servomotory na bázi střídavých pohonů pro přesné polohování, jsou řízeny frekvenčními měniči. Tyto měniče umožňují pomocí změny frekvence řídit rychlost otáčení. Rovněž je možno řídit

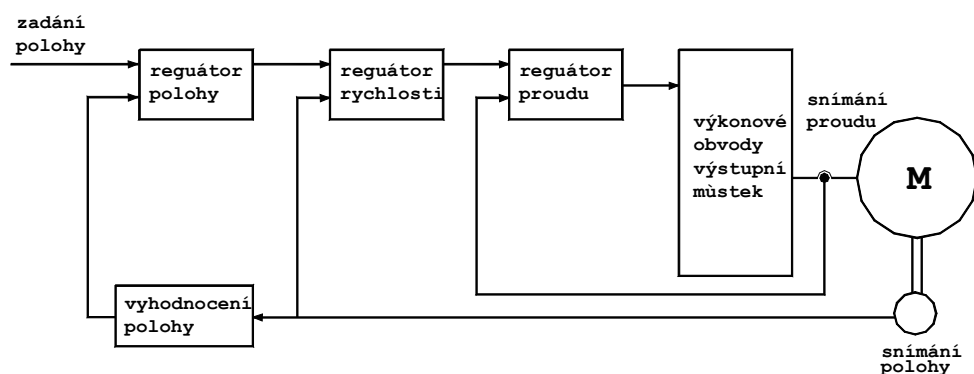
velikost momentu motoru, což ve spolupráci s možností řídit rychlost otáčení umožňuje realizovat časově optimální regulaci polohy.

Polohovou regulaci pohonu nelze zajistit bez zpětné vazby. Ta se odvíjí od požadavku na požadovanou přesnost. Pro přesnou regulaci v řádu desetin úhlového stupně je poloha rotoru servomotoru zjišťována elektricky pomocí snímače typu encoder nebo pomocí resolveru. Pro jednodušší aplikace lze použít optické snímání pomocí kódového kotoučku či proužku. Signál snímače polohy vytváří zpětnou vazbu regulátoru, který porovnává skutečnou polohu motoru s žádanou. Na základě odchylky žádané a skutečné hodnoty polohy regulátor řídí výkonové obvody měniče a ty nastavují servomotor na žádanou polohu.

1.1. Regulace polohy.

Účelem řízení polohy je pohyb lineární nebo rotační z jednoho bodu do druhého. Lineární pohyb se většinou provádí převedením z rotačního pohybu. Regulátory polohy jsou vytvářeny tak, aby pohyb měl požadovanou přesnost a současně dynamiku. Ta je dána hlavně vlastnostmi pohonu. Dynamika je důležitá, protože v okamžiku vydání žádosti o novou polohu má pohon nulové otáčky a po dosažení nové polohy musí být otáčky opět nulové. Důležitým požadavkem je rovněž co nejnižší spotřeba energie. Ta je dána jednak účinností servomotoru a převodů, ale také účinností měniče kmitočtu. Nezanedbatelnou spotřebu energie vyžaduje decelerace motoru před dosažením žádané polohy. Požadavek na přesnost regulace zajišťuje zpětnovazební snímač polohy - jeho rozlišení (počet impulsů) na jednu otáčku.

Na blokovém schématu (obr.1) je vyobrazen princip regulace polohy s podřízenými smyčkami rychlosti a proudu.



Obr. 1 : Blokové schéma regulace polohy.

2. Požadavky kladené na střídavé servomotory.

Požadavky, které by měl servomotor mít, lze rozdělit na dvě skupiny.

Z hlediska elektrického jsou to:

Dobrá elektrická účinnost motoru

Momentová přetížitelnost

Jednoduchá elektrická konstrukce

Po stránce mechanické jsou to tyto požadavky:

Malý moment setrvačnosti

Robustní konstrukce, mechanická odolnost

Snadná opravitelnost

Malé zástavbové rozměry

K jednotlivým požadavkům lze napsat následující.

Dobrá elektrická účinnost motoru ovlivňuje samozřejmě spotřebu elektrické energie. Důležité ale v neposlední řadě je to, že při dobré účinnosti, je oteplení serva malé a možnost poškození vysokou teplotou se tak snižuje.

Momentová přetížitelnost. Tento požadavek je nutný při regulaci polohy z důvodu dosahování kratších časů pro dosažení požadované polohy. Mohou vlivem vyšší momentové přetížitelnosti jít na vyšší hodnoty zrychlení a tím zkrátit dobu regulace. Tento požadavek je důležitý například u obráběcích strojů, protože při požadavku častého pohybu servopohonů lze takto zkrátit výrobní časy pro obrobky.

Ve vinutí bývá integrován snímač teploty vinutí. Ve spojení s řídicí elektronikou je tak sledováno jeho oteplení. Pokud dojde ke zvýšení, vyhlásí řídicí systém alarmové hlášení, popřípadě dojde k odstavení stroje. Toto je výhodou, která často zabrání poškození vinutí. Důvody oteplení mohou být různé – poškození ložisek, zhoršené chlazení, či mechanická porucha poháněného zařízení.

Elektrické připojení je u moderních servomotorů řešeno pomocí speciálních šroubovacích konektorů. Bývají dva. První výkonový, pro napájení statorového vinutí. K jeho vývodům jsou přidruženy dva piny pro snímač teploty. Druhý konektor je pro snímač polohy. Konektory jsou určeny pro krytí IP68. Kontakty jsou zlaceny pro snížení přechodových odporů. Vlivem přechodových odporů totiž dochází k oteplování nožů konektorů a následné snížení pružnosti kontaktů či tepelnému poškození plastových izolačních částí konektorů.

Jednoduchá konstrukce přímo ovlivňuje výrobní cenu. U střídavých motorů není použit komutátor, což je velká výhoda oproti ss servopohonům, používaných dříve. Komutátory jsou výrobně náročné, drahé a je nutno jim v průběhu života motoru věnovat pozornost, což ne vždy bývá splněno. Střídavý servopohon typu synchronní stroj má buzení realizováno pomocí permanentních magnetů. Tyto jsou zhotoveny z moderních magnetických materiálů – slitin železa, niklu a vzácných prvků, takže koercitivní síla dosahuje vysokých hodnot. Jedinou nevýhodou tohoto uspořádání je nutnost použití speciálních přípravků pro demontáž takového stroje. Po uvolnění ložiskových štítů dojde v případě nepoužití demontážního přípravku totiž ke „slepení“ rotoru se statorem a hrozí tak riziko poškození motoru.

U indukčního motoru, kde buzení je realizováno jalovou složkou napájecího proudu tyto problémy odpadají. Indukční servomotor ovšem neposkytuje tak vysokou momentovou přetížitelnost jako synchronní „brushless“ motor. Jednoduchostí konstrukce je plně srovnatelný se synchronním servomotorem. Elektrická účinnost je horší v porovnání se synchronním strojem buzeným permanentními magnety. Důvodem je, že buzení indukčního motoru je zajištěno z napájecího proudu.

Požadavek na malý moment setrvačnosti je možno zajistit vhodnou mechanickou konstrukcí. Ze vzorce pro setrvačný moment (1)

$$J = \frac{m \cdot D^2}{4} [kgm^2; kg, m] \quad (1)$$

je zřejmé, že velikost setrvačného momentu je výrazně ovlivněna průměrem rotoru. Z toho plyne požadavek na co nejmenší průměr rotoru. Proto jsou vyráběné servomotory tvaru válce, či hranolu s délkou rovnou dvoj až trojnásobek šířky nebo průměru. K podlouhlému tvaru rovněž přispívá nutnost sousední montáže snímače polohy – viz zmínka v samostatné kapitole.

Robustnost konstrukce je rovněž nutná pro pracovní podmínky, kdy většina servomotorů je namontována ve stísněných prostorech. Viz např. obráběcí stroje. Zde jsou často pohony nuceny pracovat pod nánosy třísek z obrobků, popřípadě stříkající řezné emulze. Plášť motorů bývá hladký bez chladících žebírek pro snadné čištění. Díky dobré účinnosti a tedy malým ztrátám to pro uchlazení dostačuje.

Snadná opravitelnost je dána vhodnou konstrukcí. Je to např. připojení pomocí konektorů, minimem pohyblivých dílů ve vlastním motoru a promyšleností konstrukce.

Jedinou problematickou věcí, která je ve srovnání s motorem snázeji zranitelná je snímač otáček typu IRC s optickým vyhodnocením jak bude uvedeno v dalším popisu. Pokud je použit resolver, je jeho mechanická odolnost vyšší. V servopohonech je použití resolveru proto velmi časté.

Malé zástavbové rozměry - ty jsou dány použitím izolačních materiálů, které umožní vysoké provozní teploty a řešení magnetického obvodu z materiálů, které svým složením umožní vysokou magnetickou indukci. To v konečném důsledku vede k lepšímu využití materiálu a mechanické rozměry proto mohou klesnout. Limitujícím faktorem je vždy chlazení servomotoru. Pro vyšší výkony se využívá i kapalinové průtokové chlazení.

2.1. Synchronní servomotory s buzením permanentními magnety.

Střídavé servomotory synchronního typu (AC serva nebo v zahraniční literatuře častěji brushless) jsou dnes nejpoužívanější typ servomotorů. Jsou to synchronní motory s buzením permanentními magnety na rotoru a třífázovým vinutím ve statoru. Dnešní konstrukce motorů používají permanentní magnety na bázi slitin železa, niklu a vzácných zemin SmCo (samarium-kobalt) nebo NdFeB neodym-železo-bór. Magnetická indukce může dosahovat až 1,2 T. To je ve srovnání s indukčním motorem vyšší hodnota a z ní plynoucí již popsané výhody. Motory lze momentově přetěžovat více než srovnatelný indukční motor. Rovněž výhodou, oproti asynchronnímu motoru je to, že při srovnatelném momentu má podstatně menší hmotnost a rozměry. Z toho plyne také nižší moment setrvačnosti. Proto jsou vhodné pro dynamicky náročné úlohy. Tyto servomotory se vyrábí pro výkony zhruba v rozsahu od 100W do 10kW.

2.2. Asynchronní servomotory.

Rovněž lze pro účely regulace polohy použít jako servopohon asynchronní motor s kotvou nakrátko. Jeho výhodou je jednoduchá konstrukce a velkosériová, tedy levná výroba. Jeho cena je nižší proti pohonu se synchronním motorem s permanentními magnety i v případě, že je to asynchronní motor v provedení pro servoaplikace (připojovací konektory místo svorkovnice, snímač typu resolver). Buzení tvoří jalová složka proudu motoru z napájecího měniče, na rozdíl od synchronního motoru,

kde buzení zajišťují permanentní magnety. Momentová přetížitelnost je dána momentem zvratu asynchronního motoru. Ta se může pohybovat podle konstrukce někde kolem 2,2 – 2,8 násobku jmenovitého momentu. Tyto motory v provedení pro použití jako servomotory jsou vybaveny integrovanými snímači polohy a jsou schopny trvalé práce i při nulových otáčkách, kdy je pouze nutno držet polohu na zadaném bodě.



Obr.2: Servomotory brushless a asynchronní provedení z nabídky firmy Siemens.

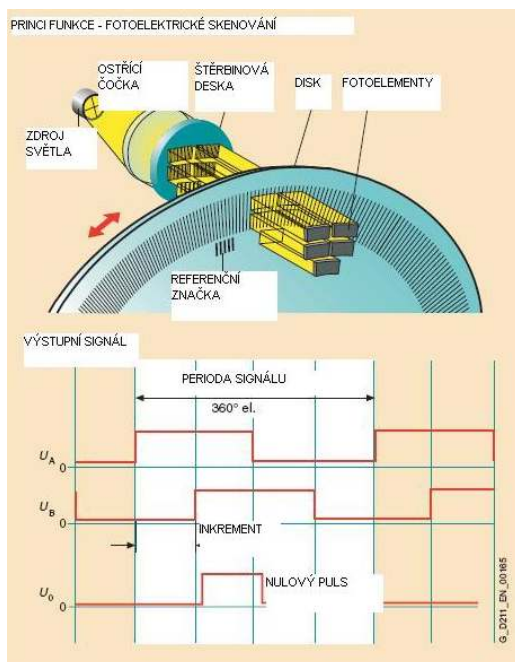
2.3. Snímače polohy.

Pro zpětnovazební řízení otáček motoru je nutný snímač rychlosti otáčení. Pokud budeme provádět regulaci polohy je nutný snímač polohy. Polohu lze vyjádřit buďto absolutně, kdy snímač polohy generuje při otáčení kód definující počet otáček a úhlovou polohu, popřípadě lze polohu vyjádřit relativně, vztahenou k referenčnímu bodu. Takovýto snímač poskytuje během jedné otáčky definovaný počet pulzů (inkrementů) a vždy jednou za otáčku je generován tzv. nulový puls. Vždy po zapnutí zařízení k napájecímu napětí, je nutno při počáteční inicializaci obnovit nájezdem na referenční bod tuto absolutní polohu.

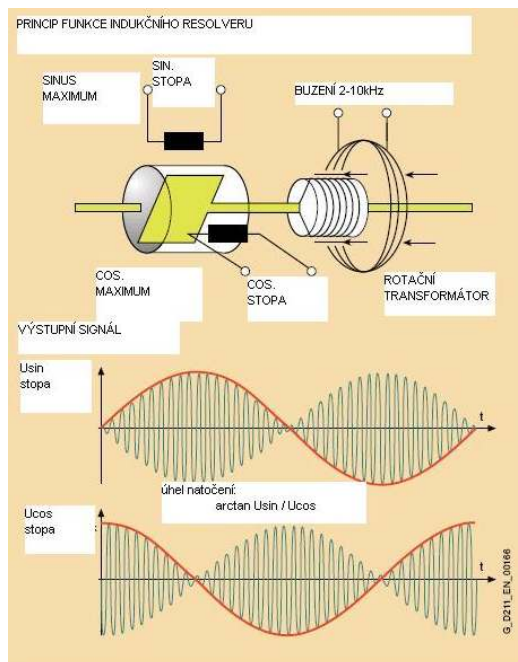
Nejběžnější IRC snímač je optický. Rotační část je opatřena kotoučkem, na kterém je nanesena maska, která vytváří po obvodu tmavá a propustná místa. Disk je prosvětlován LED diodami. Přerušované světlo vznikající rotací kotoučku snímá fotodioda obvykle v infračerveném pásmu. Během vývoje se IRC tohoto typu ustálily na 3 výstupních stopách. 2 stopy jsou vzájemně fázově posunuty o 90° elektrických. To umožní rozpoznat smysl otáčení. 3. stopa tzv. nulový puls je tvořena jedním pulsem za otáčku. Výstupní napětí je definováno buď v úrovni HTL nebo TTL, popřípadě výstup s otevřeným kolektorem. Snímač otáčení tohoto typu (IRC) je použit v měřené úloze.

Z principu činnosti je zřejmé, že inkrementální (IRC snímače) na rozdíl od snímačů absolutních si neumí pamatovat polohu po vypnutí napájení. Pro vyhodnocování polohy ze dvou elektricky o 90° posunutých stop se využívají jak vzestupné, tak i sestupné hrany obou těchto stop. Výhodou je tak zvýšení přesnosti polohování na čtyřnásobek. Pokud tedy snímač poskytuje například 1024 pulzů na 1

otáčku, tak vyhodnocovací obvody mohou disponovat 4096 polohami. Princip lze vysledovat z časových průběhů výstupních signálů snímače. (obr. 3)



Obr. 3: Princip činnosti optického enkodéru.



Obr. 4: Princip činnosti indukčního resolveru.

2.4. Resolvery:

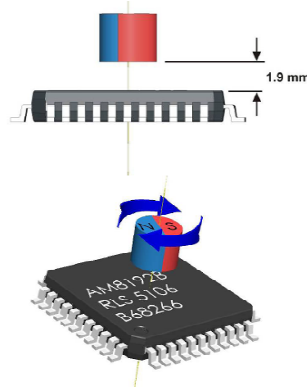
Dalším typem snímače, který se používá v praxi je tzv. resolver [6].

Princip činnosti je následující. Budící transformátor má na statoru primární vinutí napájené střídavým napětím o frekvenci 2 - 10 kHz. Ve dvou snímacích statorových cívkách umístěny tak, že jsou mechanicky pootočený o 90° se indukují střídavé napětí, jehož amplituda je dána úhlovým natočením rotoru. Obálka amplitud (na obrázku červená křivka) tedy vytvoří jednu periodu sinusového napětí za 1 otáčku (360°) rotoru. Napětí z obou cívek jsou vzájemně posunuta o 90° , takže dostáváme sinusový a kosinusový průběh. Další vyhodnocení už zprostředkuje elektronika. Z principu činnosti je zřejmé, že resolver je schopen definovat úhlovou polohu i po vypnutí napájení a jeho znovu zapnutí. Provedení resolveru může být i vicepólové. Dvoupólové provedení lze použít až pro 15000 ot/min. Vyhodnocovací jednotka zajistí rozlišení 12 bitové rozlišení tedy 4096 poloh na otáčku. Chyba úhlu je potom menší než 14 úhlových minut. Na obr. 4 je ukázán princip 2 pólového resolveru.

2.5. Snímače na magnetickém principu.

V poslední době se objevil snímač polohy pracující na obdobném principu jako resolver. Vznik sinusového a kosinusového napětí je založen na rotaci permanentního magnetu nad čipem obsahující 2 hallovy sondy integrovány v čipu po 90° . Výstupní napětí je dále obvody na čipu vyhodnocováno a v různých formách, jak v analogové tak i v digitální formě vyvedeno na výstupní piny. Obvod umožňuje až 13 bitové rozlišení. Maximální snímané otáčky mohou být až 60 000 za minutu. Vyrábí

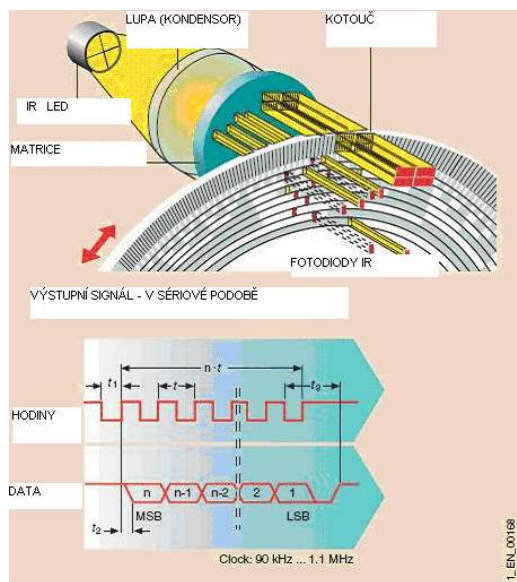
se několik typů čipů s různým rozlišením. Mechanická pouzdra pro tyto snímače jsou obdobná jako pro běžné IRC snímače. Oproti optickým IRC snímačům jsou odolnější proti mechanickému poškození způsobené například nárazem, vibracemi a podobně. Z principu je zřejmé, že popisovaný typ snímače patří mezi absolutní. Po obnovení napájení si udají úhlovou polohu. Bližší informace viz [8]. Jeho předností oproti resolveru je jednodušší mechanická konstrukce. Zatím se však příliš neprosadil.



Obr.5: Princip činnosti snímače na magnetickém principu.

2.6. Absolutní snímače polohy.

Pokud je nutno absolutní polohu definovat i pro větší počet otáček, jsou vyráběny snímače s převodovkou a s vyhodnocením například pomocí Grayova kódu. Grayův kód je definován tak, že při změně o jeden přírůstek (inkrement) dojde ke změně vždy jen jediného bitu, na rozdíl např. u BCD kódu. Počet otáček, který může takovýto snímač registrovat je dán mechanickým převodem. Rozlišení na jednu otáčku šířkou bitové informace.



Obr. 6: Funkce optického absolutního snímače polohy s GRAY kódem.

3. Požadavky kladené na měniče frekvence pro regulaci servomotorů.

Frekvenční měniče pro napájení servopohonů musí mít některé vlastnosti, které pro napájení střídavých elektromotorů, kde se vyžaduje pouze regulace rychlosti otáčení, buď bez nebo se zpětnovazební regulací nevyžadují. Tyto požadavky bych shrnul do následujícího.

Mezi základní požadavky je vybavení měniče vektorovým řízením. Vektorová regulace měniče umožňuje mnohem lepší dynamiku regulace a přesnější řízení. Je to dáno samotným principem vektorového řízení. To totiž umožňuje obdobně jako u stejnosměrných motorů řídit odděleně momentotvornou a tokotvornou složku výstupního proudu měniče. Frekvenční měniče pouze se skalárním řízením tuto možnost postrádají. Zde je pouze udržován poměr U/f na konstantní hodnotě. Popřípadě je tento poměr možno posílit ve prospěch napětí při nízkých provozních kmitočtech. Obvykle pod 10 Hz výstupní frekvence. Je to pro zvýšení momentu motoru v těchto režimech. Zde se více uplatní vliv ohmického odporu statorového vinutí.

Dalším požadavkem na měniče je možnost řídit i střídavé synchronní motory s buzením permanentními magnety. Obvykle je to řešeno změnou jednoho parametru, kterým se volí druh motoru – asynchronní / synchronní. Při řízení synchronního motoru s buzením permanentními magnety je tokotvorná složka regulována na nulovou hodnotu a vytvářena je pouze momentotvorná složka statorového proudu.

Důležitá je rovněž možnost připojení periférií nutných pro řízení motoru. Tedy například resolver, IRC snímač, snímače referenčních bodů. Snímač teploty vinutí motoru. Většinou je to u měničů univerzálnějšího použití řešeno pomocí doinstalace přídavných „karet“ přes sběrníkový konektor. I v praktické části práce popisovaný měnič má obdobné uspořádání.

Pokud se používá regulace polohy, tak toto je u frekvenčních měničů řešeno nadstavbovým SW, který zprostředkovává komunikaci mezi nadřazeným řídicím systémem a vlastními regulačními strukturami měniče.

Rovněž důležitým požadavkem, je rychlost odezvy vnitřní regulační smyčky. Ta je dána jednak spínací frekvencí výstupního střídače a výpočetním výkonem řídicího procesoru, který realizuje regulační úlohy. V praxi by se tato hodnota pro použitelnou regulaci měla pohybovat pod 1ms nebo lepší. Měnič MASTRDRIVES MC pro moji měřicí úlohu má tuto hodnotu do 0,4 ms.

V praxi se vyskytují regulační úlohy, kdy je nutno řídit kaskádu souběžných pohonů například tiskařské linky, papírenské stroje, válcovací stolice. Zde je důležitá rychlá komunikace mezi měniči navzájem. Tzv. peer to peer. Tato komunikace se používá pro přenos procesních dat mezi jednotlivými měniči nebo pro vzájemnou synchronizaci interních regulačních smyček. Využití je vhodné pro zajištění synchronizace pohonů, tedy například zajištění vzájemné úhlové polohy mezi jednotlivými nanášecími barvotiskovými válci. Pro komunikaci se využívá klasické elektrické cesty signálů, popřípadě pomocí převodníků na optický signál a komunikace je realizována opticky světlovodným kabelem – výhodou tohoto způsobu je zamezení rušení.

Pro komunikaci s nadřazeným řídicím systémem jsou měniče frekvence vybaveny linkou Profibus. Komunikační rychlost je až 12 Mbit/s.

Měnič by měl být vybaven obvody takzvaného bezpečnostního (nouzového) stopu. Tato funkce zajistí, že po aktivaci nouzového stopu ovládaného stroje, řídicí obvody měniče způsobí **řízení** zastavení pohonu a následně zablokování výstupních výkonových obvodů měniče. Poté popřípadě způsobí odepnutí hlavního síťového stykače měniče. Takový způsob zastavení stroje je mnohem bezpečnější než ten, kdy se odepne ovládací napětí a vše záleží na mechanických parametrech daného stroje. Takovýto nouzový řízený stop má i oporu v ČSN EN 60 204 – 1.

Při regulaci polohy je pohon často zrychlován, což je záležitost kdy energii pohonu dodáváme. Při úloze brzdění, která je prakticky stejně četná jako rozběh, servomotor pracuje v generátorickém režimu a zvyšuje tak stejnosměrné napětí v meziobvodu měniče. Frekvenční měniče jsou pro tento účel vybaveny svorkami pro připojení tzv. brzdného rezistoru. Je to v podstatě maření brzdné energie, do tohoto rezistoru. Brzdný rezistor je připojován regulačními strukturami frekvenčního měniče tak, aby stejnosměrné napětí meziobvodu bylo udržováno na definované úrovni.

U měničových sestav s více pohony lze energii vzniklou brzděním ukládat do kondenzátorových jednotek. Energie se tak nemaří v teplo a lze ji opět využít. Zvyšuje se tak účinnost takto koncipovaných sestav.

Další možností je rekuperace brzdné energie zpět do napájecí sítě. U tyristorových usměrňovačů pro ss motory, s dvěma můstky, kde je možný provoz ve všech čtyřech kvadrantech, je tato problematika uspokojivě vyřešena. U frekvenčních měničů, kde je mezi sítí a střídačem stejnosměrný meziobvod je tato rekuperace poněkud komplikovanější. Na trhu jsou frekvenční měniče s rekuperací energie zpět do napájecí sítě. Tato vlastnost přispívá ke zlepšení účinnosti zařízení. V době, kdy cena energie rozhodně nebude klesat jsou tato zařízení schopna zlepšit energetickou bilanci moderních regulovaných pohonů. Hlavně u strojů s většími výkony. U obvodů, které tyto funkce zajišťují jsou s výhodou použity takové regulační struktury, která zajišťují zároveň zlepšování účinnosti k síti připojeného měniče.

3.1. Popis měničů SIEMENS MASTERDRIVES VC,MC.

Firma Siemens vyrábí řadu měničů SIMOVERT MASTERDRIVES.

Pro regulaci otáček a momentu v provedení VECTOR CONTROL (VC)

Pro aplikace polohového řízení je určeno provedení MOTION CONTROL (MC)

Obdobná je konfigurace i pro provedení VECTOR CONTROL.

K těmto měničům lze doplňovat volitelné příslušenství podle potřeb dané aplikace.

Měnič kmitočtu je napájen ze sítě 3 x 400V/50Hz. Připojit je na napětí v rozmezí 380 – 480V a kmitočty 50 – 60 [Hz]. Po usměrnění následuje stejnosměrný meziobvod. Ten je tvořen sadou kondenzátorů. Stejnosměrné napětí v meziobvodu dosahuje hodnot 510 – 650V.

Pro řídicí elektroniku se používá napětí 24V. Možné je i napájení řídicích obvodů z externího zdroje 24V, bez nutnosti připojení měnice k síti.

Odezva vnitřní regulační smyčky proudu do 0,4 ms.

Funkční bloky mohou být mezi sebou jednoduše propojeny pomocí **BICO** (binector - conector) technologie.

Napájecí nebo rekuperační jednotka umožní efektivnější návrh vícemotorového systému.

Dodatečné technologické funkce, např. polohování mohou být integrovány do měniče jako softwarové doplňky.

Tyto funkce jsou uloženy do paměti EEPROM měniče přes sériovou linku měniče.

Střídače mají funkci bezpečnostní stop s blokováním výkonového IGBT tranzistorového výstupu.

Výstupní střídač měniče je tvořen IGBT moduly, které pomocí širkově pulzní modulace (PWM) umožňuje volbu výstupního kmitočtu v rozsahu 0 – 400 Hz a příslušné velikosti napětí.

Vlastní řízení měniče je umístěno na centrální desce CUCM. SW je upgradovatelný sériovou linkou.

V tabulce č. 1 je přehledně popsáno rozdělení měničů podle mechanického uspořádání:

Tabulka je součástí katalogu DA 65.11, kde lze nalézt podrobnější informace potřebné pro projekční práce při realizaci konkrétní aplikace.

	MC compact Plus	MC Compact a Chassis
Napájecí jednotka (EE)		
Napájecí napětí	3AC 380V-400V -	3AC 380V-400V -15% /+10%
Výstupní výkon	15% /+10%	Compact: 15, 37
	15	Chassis: 75 – 250
Rozměry V x Š x H [mm]		Viz katalog DA 65.11
Stupeň krytí	360 x 90 x 260	IP 20
Napájecí/rekuperační jednotka (ER)		
Napájecí napětí		3AC 380V-400V -15% /+10%
Výstupní výkon [kW]	-----	Compact: 15, 37
		Chassis: 75 – 250
Rozměry V x Š x H		Viz katalog DA 65.11
Stupeň krytí		IP 20
DC sběrniceový systém	integrován	Oddělená montáž
Stupeň krytí	IP20	Viz katalog DA 65.11
Servoměnič (AC napájení)		
Výstupní výkon [kW]	0,75 1,1 1,5 3	Compact: 2,2 až 37;
Výstupní proud [A]	2 4 6 10	Chassis: 45 až 160
Rozměry – šířka [mm]	45 67,5 37,5 90	Viz katalog DA 65.11
Rozměry – výška x hloubka [mm]	360 x 260	IP20
Servoměnič (DC napájení)		
Výstupní výkon [kW]	0,75 1,1 1,5 3	Compact: 2,2 až 37;
Výstupní proud [A]	2 4 6 10	Chassis: 45 až 160
Rozměry – šířka [mm]	45 67,5 37,5 90	Viz katalog DA 65.11
Rozměry – výška x hloubka [mm]	360 x 260	IP20
Přetížitelnost	3 x I _{trv} po dobu 250 ms 1,6 x I _{trv} po dobu 30 ms	2 x I _{trv} po dobu 3 s 1,6 x I _{trv} po dobu 30 s
Hardwarové doplňky - karty		
resolver	Dostupný	Dostupný
snímač s rel. Nebo abs.	Dostupný	Dostupný
Odměřování	Dostupný	Dostupný
PROFIBUS DP	Dostupný	Dostupný
SIMOLINK	Až 2 EB1/EB2	SCI 1 nebo až 2 EB1/EB2
Rozšíření vstupů a výstupů	3	2 na CUMC + 4 dodatečné
Počet slotů		při použití sběrniceového adaptáru
		LBA
Technologické karty T100 a T300	ne	ano

Tab.1: Parametry jednotlivých variant měničů MASTERDRIVES.

3.1.1. Popis jednotlivých variant dle mechanického uspořádání.

Varianta COMPACT UNIT PLUS

Výkonový rozsah 0,55 – 18,5 kW

Prostorově úsporné varianta (tzv. Single Card Solution - tzn. výkonová i řídicí elektronika měniče je na jedné desce).

AC kombinovaná měničová a napájecí jednotka se zabudovanou brzdou ve čtyřech stupních výkonu.

DC střídačová jednotka ve čtyřech výkonových stupních.

Napájecí jednotka (EE) pro rozsáhlejší vícemotorové pohony.

Kondenzátorový modul (CM) slouží pro uchování energie při dynamickém brždění pohonů.

Snadná montáž do skříně s hloubkou 300mm.

Varianta COMPACT UNIT (2,2 - 37 kW)

CHASSIS UNIT (vestavné provedení pro 45 – 250 kW)

3.2. Popis řídicích struktur.

SIMOVERT MASTERDRIVES MC obsahuje tyto hlavní řídicí struktury [4]:

FC (Frequenci Control)

pro použití v jednoduchých úlohách s U/f regulací bez zpětnovazebního řízení (Open-Loop control).

VC (Vector Control)

pro úlohy s většími nároky na přesnost a rychlost regulace typu otáčky, moment, za využití zpětnovazebního řízení (Close Loop control).

MC (Motion Control)

Tato regulační struktura v uzavřené zpětnovazební smyčce umožňuje realizaci regulovaných pohonů s velkými nároky na dynamiku a přesnost regulované veličiny v tomto případě poloha, otáčky a moment. Tento typ regulace se hodí pro úlohy s větším momentovým přetížením a zrychlením hlavně při startu a brždění servopohonu.

Použitá vektorová regulace umožňuje strmý nárůst proudu (momentu) se současným vzorkováním po 0,4ms. Vzorkování regulační smyčky rychlosti je možné přibližně po 0,8ms a poloha je vzorkována s periodou 1,6ms.

Základní dodávaný firmware umožňuje realizovat i velmi rozsáhlé aplikace v závislosti na technologii. Může být navíc rozšířen o doplňkové volitelné funkce (tzv. options).

Všechny základní struktury řízení jsou vybaveny takzvanými volně programovatelnými bloky (free blocks). Jejich propojování do struktur umožňuje technologie BICO (binector – conector).

U měničů MC od verze V1.50 je v základní regulační struktuře obsažen volně programovatelný regulační blok nazvaný – **BASIC POSITIONER**.

Je to funkce tvořená třemi základními bloky, jež lze užít samostatně nebo je lze propojit mezi sebou pomocí BICO technologie.

BASIC POSITIONER má tyto tři základní polohovací módy:

SETUP MODE

Jedná se o manuálně řízenou polohu (position control jogging). Tato funkce způsobuje ruční polohování. Respektována je maximální rychlost, zrychlení a směr pohybu.

Funguje tak, že po sepnutí digitálního vstupu se „polohuje“ – pohon jede do nové polohy (jogging) bez nároku na přesnost. Při lineárním pohybu lze uplatnit bezpečnostní funkci SW LIMIT SWITCH parametrově nastavitelný maximální a minimální rozsah dráhy pohonu.

POSITION MODE

Většinou pracuje v součinnosti s módem SETUP. Stanoví odchylku polohy mezi žádostí a reálnou polohou. Tato odchylka je stanovena za maximální rychlosti, zrychlení, funkce SW LIMIT SWITCH a současně kompenzací vůlí u mechanických převodů pohonu. (Backlash compensation). Je řízena do regulované polohy pro doregulování. Používá se pro absolutní i relativní polohování. Tyto funkce se volí pomocí konfiguračních parametrů, lze je využívat podle dané aplikace nebo zablokovat.

HOMING MODE

Tento režim se využije v případě použití kasického IRC snímače. Zde není žádná vazba mezi měřením polohy enkodérem a mechanickou polohou pohonu stroje při inicializaci měniče (okamžik po zapnutí napájení). Tyto funkce se volí pomocí konfiguračních parametrů, lze je využívat podle dané aplikace nebo zablokovat. Zde se mohou užít pro nalezení referenční polohy tyto dva podružné módy:

HOMING ON THE FLY

Požadovaná poloha je nastavena a skutečná poloha od enkodéru uložena v jednom časovém okamžiku. Žádanou polohu je možno nastavit pevně předvoleným konektorem. Rozdíl mezi žádanou a skutečnou polohou je zpracován v bloku „rozsah odchylky“ a dále „určení velikosti odchylky“ pro polohový regulátor. Okamžik zadání této regulační je synchronizován počátkem signálu **BERO** – Homing Enable. Blok „rozsahu odchylky“ stanoví, zda se odchylka pohybuje v rozsahu programovatelných mezí.

HOMING MOVEMENT

Změna směru otáčení je řízena reverzační vačkou (CAM). Zde jsou signály o reverzaci zadávány v obou směrech. Dalším binárním vstupem se řídí směr otáčení serva. Takto lze stanovit sekvenci účinnosti jednotlivých signálů START, RUN, STOP a reverzace čtyřmi binárními vstupy.

3.3. Hardwarové doplňky a pomocný SW.

Deska SBR.

Tato deska se instaluje do měniče v případě použití motoru s vyhodnocování polohy resolverem. Obvykle jsou to standardní typy servomotorů, které jsou už parametrově předdefinovány v SW měniče a usnadňují tak uvádění do provozu.

Deska SBP.

Tato deska se instaluje do měniče v případě použití motoru s vyhodnocováním pomocí většinou externího (dodatečně montovaného na motor) inkrementálního snímače polohy nebo snímače s absolutním měřením polohy.

Umožňuje rovněž připojení snímače teploty vinutí typu PTC nebo KTY84.

Komunikační rozhraní PROFIBUS DP.

Doplňková deska CBP instalovaná do měniče v případě aplikace, kdy je měnič řízen pomocí rozhraní Profibus. Umožňuje rychlou sériovou komunikaci s rychlostí přenosu dat až 12Mbd. Užívá se v případě rozsáhlejších technologických celků. Pomocí rozhraní profibus lze měnič i parametrizovat.

SIMOLINK - peer-to-peer komunikace.

Doplňková karta SLB umožňuje rychlou komunikaci pomocí optických vodičů mezi pohony. Je použita pro přenos procesních dat a synchronizuje interní regulační smyčku pohonů. Nezbytné je použití této komunikace při synchronizaci pohonů.

Komfortní ovládací panel OP1S.

Tento ovládací panel umožňuje kromě parametrizace a kontroly pohonu taktéž uchování nastavení parametrů měniče a jejich opětovné nahrání do jiného měniče.

Monitorovací a ovládací program DRIVEMONITOR.

Software na PC pro komunikaci s měničem, monitorovací funkce, nastavení a uchování parametrů měniče a jejich archivaci nebo tisk. jednoduchý způsob ovládání umožňuje zjednodušit a zefektivnit uvádění měniče do provozu, monitorování provozu a jejich diagnostiku.

Bližší popis je v kapitole 4.2.

3.4. Použité motory.

Výrobce doporučuje pro servopohony použití synchronních servomotorů s buzením permanentními magnety typu 1FT6 a 1FK6. Z asynchronních servomotorů je doporučena řada 1PH. Výhodou při použití těchto standardních pohonů je, že elektrické parametry (nutné pro matematický model) jsou uloženy v paměti řídicí jednotky měniče (CUCM).

Možná je pochopitelně i užití jakéhokoliv jiného vhodného motoru příslušného výkonu. V tomto případě je při parametrizaci měniče nutno spustit režim identifikace pohonu, kdy si řídicí struktura změří a vypočítá potřebné hodnoty motoru a uloží je do paměti. Hodnoty lze poté vyčíst z příslušných parametrů, popřípadě je lze upravit.

4. Popis měřené úlohy.

Na sestavě frekvenčního měniče SIEMENS MASTERDRIVES MC a indukčního motoru odladit sadu parametrů pro ověřování regulace asynchronního servopohonu s polohovou regulací.

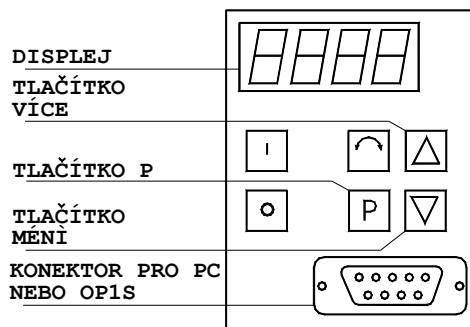
Před započítím vlastní práce s měničem jsou stručně popsány možnosti ovládání měniče, princip jeho parametrizace. Rovněž je popsáno zapojení měřené úlohy a použité komponenty.

4.1. Popis ovládání měniče.

Frekvenční měnič SIEMENS MASTERDRIVES je možno ovládat několika způsoby. Tyto jsou popsány v následujícím textu.

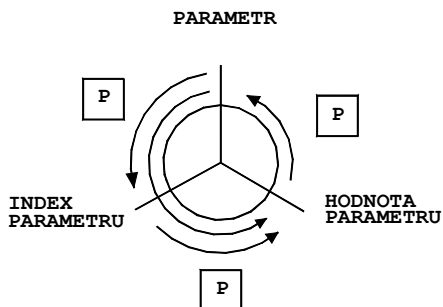
Základní ovládací panel PMU na měniči.

Základní ovládání měniče je umožněno pomocí PMU panelu (obr.7), který je integrální součástí měniče. Z tohoto panelu je v podstatě možné provádět jakékoliv operace spojené s parametrizací měniče. Tento způsob je však dost nepohodlný pro praktické programování se v praxi využívá pouze pro velmi jednoduché aplikace. Čtyřmístný sedmsegmentový displej zobrazuje údaje zvolené pomocí tlačítek PMU panelu. Některé parametry umožňují zobrazovat určité diagnostické informace, takže lze pomocí tohoto displeje a manuálu zjistit v jakém módu či stavu se měnič nachází.



Obr. 7: Základní ovládací panel PMU.

Protože na PMU panelu je pouze čtyřmístný displej, slouží tlačítko „P“ pro posun údajů displejem. Displej zobrazuje po stisku tlačítka tyto údaje:



Obr. 8: Postupový klíč tlačítka „P“.

Číslo parametru

Index parametru (pokud je indexován)






Hodnota parametru

Vše názorně ukazuje schématický obrázek 8

Změní-li se hodnota parametru, tato změna bude platit okamžitě. Pouze u některých parametřů (v manuálu jsou označeny hvězdičkou) zapíše se změna až po přepnutí do zobrazení čísla parametru. Změny parametřů se zapisují do paměti EEPROM – jsou tedy uloženy i po vypnutí napájení.

Konektor na ovládacím panelu slouží pro připojení PC s nainstalovaným Software DRIVEMONITOR. Komunikace je po rozhraní RS232 – tedy sériový port PC. Popřípadě lze připojit komfortní ovládací panel OP1S. Tento panel komunikuje pomocí rozhraní RS485.

Popis jednotlivých funkcí PMU panelu ukazuje tabulka 2:

TLAČÍTKO	VÝZNAM	POPIS FUNKCE
	Tlačítko P	<ul style="list-style-type: none">- Přepínání z čísel parametřů na indexy a hodnoty (přepnutí nastane při uvolnění stisknutého tlačítka)- Při poruše: kvitace poruchy
	Tlačítko VÍCE	Zvyšování zobrazované hodnoty: <ul style="list-style-type: none">- při krátkém stisku zvýšení hodnoty o jeden krok- při dlouhém stisku rychlé zvyšování zobrazované hodnoty
	Tlačítko MÉNĚ	snižování zobrazované hodnoty: <ul style="list-style-type: none">- při krátkém stisku snížení hodnoty o jeden krok- při dlouhém stisku rychlé snižování zobrazované hodnoty
	Současné stlačení P a VÍCE	Stisknout tlačítko P a držet ho, poté stisknout tl. VÍCE <ul style="list-style-type: none">- Při zobrazeném čísle parametru: zobrazení stavu měniče (hodnoty parametru r000)- Při poruše: zobrazení čísla parametru (bez nulování poruchy)- Při zobrazené hodnotě parametru větší než 4místné číslo: posun zobrazované hodnoty o jedno místo doprava (po posunu bliká levá číslice na displeji, jsou-li ještě další číslice vpravo od této blikající neviditelné).
	Současné stlačení P a MÉNĚ	Stisknout tlačítko P a držet ho, poté stisknout tl. MÉNĚ <ul style="list-style-type: none">- Při zobrazeném čísle parametru: zobrazení stavu měniče (hodnoty parametru r000)- Při zobrazené hodnotě parametru větší než 4místné číslo: posun zobrazované hodnoty o jedno místo doleva (pravá číslice bliká, jsou-li ještě další číslice vpravo od této blikající neviditelné).

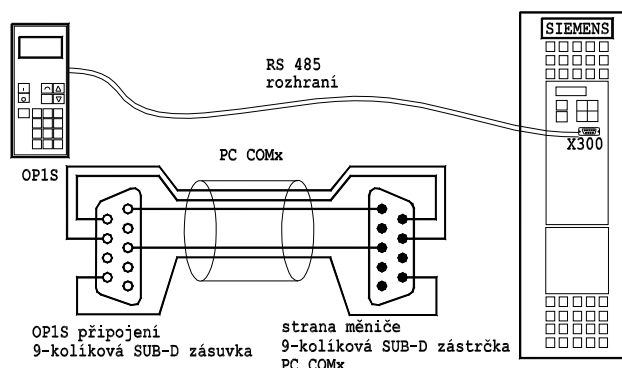
Tab. 2: Význam jednotlivých tlačítek PMU panelu.

Zbýlá tři tlačítka na panelu jsou určena pro ovládání pohonu z tohoto panelu – PMU. Tlačítko **I** spouští pohon, tlačítko **0** deaktivuje pohon. Tlačítko se šipkami vyvolá reverzaci pohonu.

Pro umožnění tohoto řízení pohonu je nutno v parametrové sadě měniče zadat příslušný parametr pro možnost ovládání pohonu z PMU.

Komfortní ovládací panel OP1S.

Komfortní ovládací panel se dodává jako samostatné příslušenství měniče. Jeho využití je poměrně široké. Lze jej využít i pro jiné typy měničů nebo řízených usměrňovačů z produkce firmy SIEMENS. Panel zobrazuje navolený parametr i se stručným popisem. Jazykovou mutaci lze předvolit (parametr **P050**). Čeština bohužel chybí. Výhodou tohoto panelu je číselná klávesnice ze které se snáze zadávají instrukce pro měnič. Mezi další funkce patří možnost stahování aktuální parametrické sady do panelu, popřípadě natažení parametrů z OP1S do měniče. Takto lze s výhodou data z měničů archivovat do ovládacího panelu a poté je v kanceláři uložit do počítače. Výhodou je, že pro tuto činnost není nutno s sebou nosit notebook. Na následujícím obrázku je schématicky zobrazen popsáný panel OP1S a jeho propojení s frekvenčním měničem. Změněné parametry tímto pomocí tohoto panelu se opět ukládají do paměti EEPROM tak jako u PMU panelu.



Obr. 9: Propojení OP1S s měničem, schéma zapojení kabelu pro komunikaci.

4.2. Popis software DRIVEMONITOR.

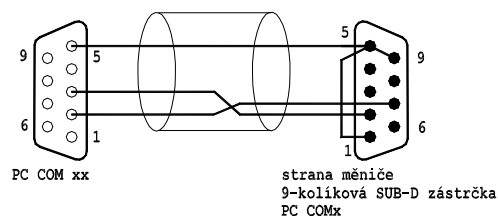
Software DRIVEMONITOR (vylepšený program Simovis) je produkt firmy SIEMENS sloužící pro pohodlné parametrování nebo diagnostiku zařízení pro regulované pohony (měniče, střídače, řízené usměrňovače). Program je volně dostupný.

Instaluje se z např. továrního CD, které se dodává standardně s měničem. Při instalaci se zvolí pro jaké typy měničů se nainstalují potřebné knihovny s parametrickými sadami.

Existuje několik verzí tohoto programu DRIVEMONITOR. Zde popisovaná verze nese označení 5.1. Další informace lze čerpat z kontextové nápovědy přímo v programu, popřípadě z literatury firmy SIEMENS [5].

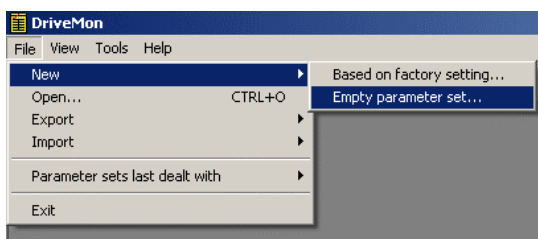
Program komunikuje s měničem sériovou linkou RS232. Komunikační rychlost je implicitně přednastavena na stejné parametry, které jsou v továrních nastaveních měničů. Pokud je vše ostatní v pořádku (kabel, rozhraní, měnič) naváže se komunikace bez problému.

Na následujícím obrázku je vyobrazen komunikační kabel pro sériovou komunikaci PC-měnič (rozhraní RS232).



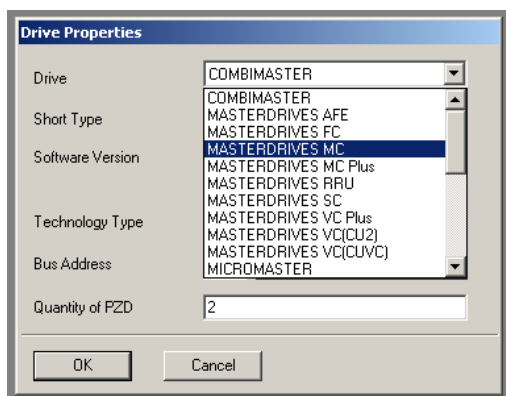
Obr. 10: Komunikační kabel PC – MĚNIČ.

Program pracuje pod WINDOWS. Po spuštění lze pracovat v režimu offline. Zde je možno zobrazit úplnou parametrovou sadu příslušného měniče. Ke každému parametru je i nápověda, takže lze pracovat v programu v režimu jakéhosi manuálu. Výhodou je i rozčlenění parametrových sad podle verze software (verze se volí při výběru druhu měniče), a práci v režimu Offline, pokud přejdeme do režimu Online, tak se načtou všechny parametry z měniče. Skutečnou verzi parametrové sady lze zjistit kontrolou parametru, ve kterém je číslo dané varianty uloženo. Jednotlivé parametrové sady od sebe v detailech liší, tak jak byly vývojáři přidávány nové parametry. Po spuštění programu zvolíme v nabídce prázdný projekt. Viz obr. 11.



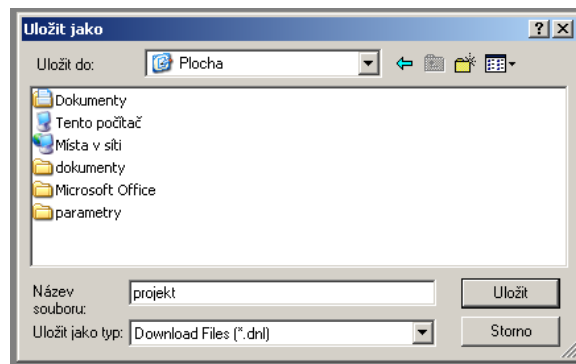
Obr. 11: Volba projektu.

V dalším kroku vybereme typ měniče, se kterým budeme prostřednictvím DRIVEMONITORU komunikovat. Obr.12.



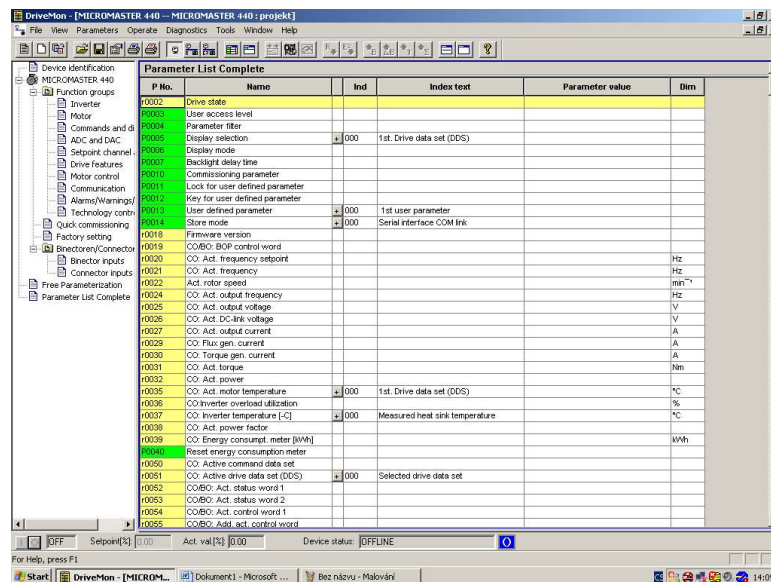
Obr.12: Výběr typu měniče.

Po výběru zařízení nám program nabídne uložení projektu. Obr. 13.



Obr. 13: Uložení souboru parametrů.

Po uložení projektu se již zobrazí parametrová sada pro dané zařízení dle obr. 14.

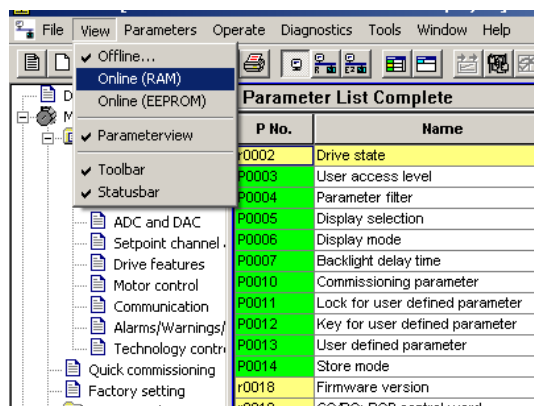


Obr. 14: Vyobrazení přehledu parametrů.

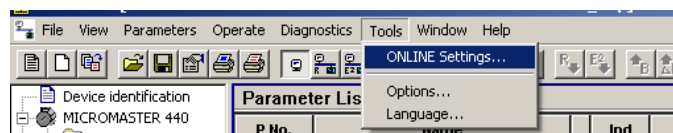
Nyní máme zobrazenou sadu parametrů. Program je však v režimu Offline. Komunikaci spustíme, pokud máme propojeno správným kabelem ze sériového portu (COM1) PC a zásuvkou měniče, nastavením režimu Online. Viz obr. 15.

V režimu Online –na stejném obrázku, můžeme zvolit buďto zápis do paměti RAM, popřípadě EEPROM. Pokud zvolíme RAM, tak parametrová sada v EEPROM zůstává původní, avšak pokud opomeneme přepsat parametry do EEPROM paměti, může nastat ztráta celé práce.

V případě navenázení komunikace je nutno odhalit příčinu. Příčinou může být například jen špatně zasunutý kabel. Další možností je rozdílné nastavení parametrů pro komunikaci v PC a v měniči. V programu to lze prověřit v menu nabídky dle obr. 16:

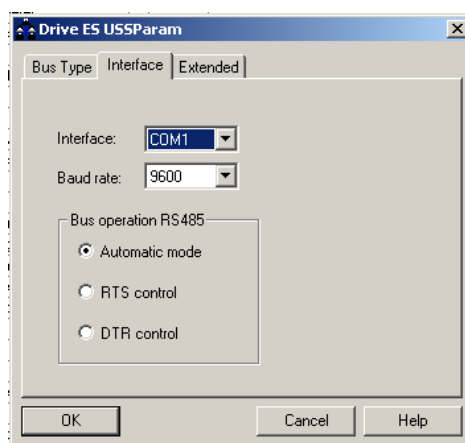


Obr. 15: Volba offline – online.



Obr.16: Přístup k nastavení komunikace.

Změna se provede v následujícím okně. Viz obr. 17:



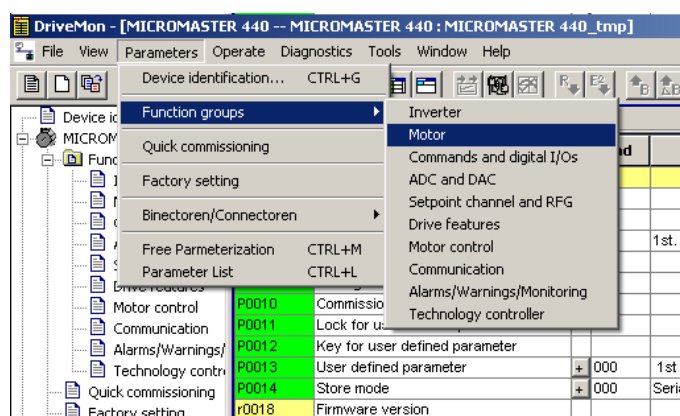
Obr.17: Panel pro úpravu komunikace.

Po provedení jakékoliv změny v nastavení komunikace, je nutno program restartovat. Je nutno prověřit zároveň nastavení komunikačních parametrů daného měniče. Shoda musí být úplná. Pokud ani to nepomůže je nejvhodnější nastavit podle manuálu tovární nastavení. Poté se již ve většině případů podaří komunikaci zprovoznit.

Pokud je vše v pořádku lze po načtení parametrů z měniče začít pracovat. Parametry jsou rozčleněny do logických skupin (motor, komunikace, svorkovnice, ...) Program umožňuje zobrazit dané skupiny popřípadě vše. Lze rovněž zvolit pouze prázdnou tabulku, kde není zobrazen žádný parametr.

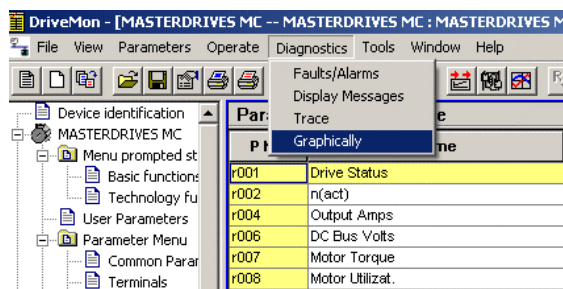
Parametry, které potřebujeme sledovat Online jednoduše vepíšeme do prázdného řádku a program vyčítá pouze hodnoty takto nadefinovaných parametrů. Tato možnost je velmi cenná, protože aktualizace hodnoty parametru(ů) se výrazně zrychlí. To umožňuje lépe sledovat parametry, které se dynamicky mění.

Volba skupin se provádí v následujícím menu (Obr.18):



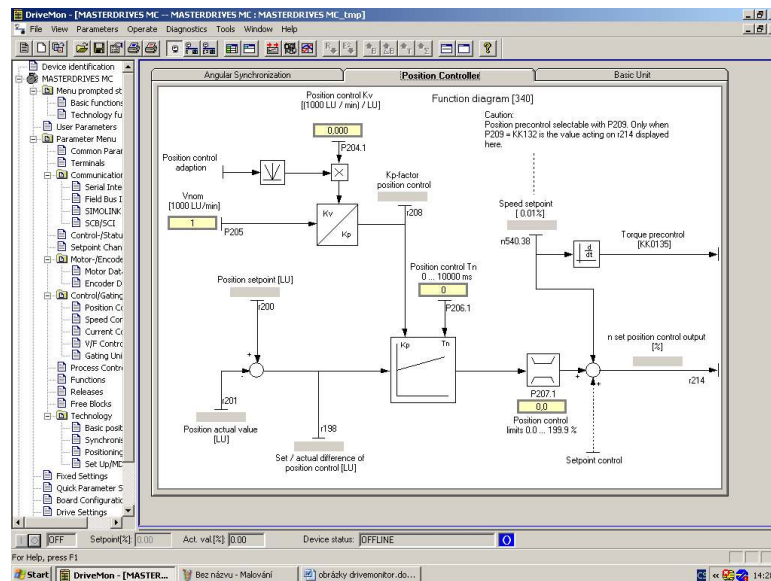
Obr. 18: Volba skupiny parametrů.

Další možností je tzv. grafické zobrazení vybraných parametrů – týká se pouze určitých typů zařízení. Typ MASTERDRIVES tuto možnost nabízí. Přístup do této varianty zobrazení je zřetelný z obr. 19:



Obr. 19: Volba grafického zobrazení parametrů.

Grafické zobrazení nabízí přehledné nastavení parametrů polohové regulace, pomocí 3 obrazovek. Na nich vidíme grafické schéma regulačních bloků. Parametry lze i zde přímo měnit. Obrazovka v grafickém zobrazení vybraných parametrů vypadá následovně. Viz obr. 21.



Obr. 21: Parametry v grafickém zobrazení.

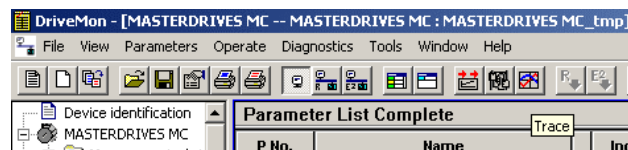
Velmi důležitou nabídkou programu je zobrazování časových průběhů parametrů probíhající regulace. Tzv. „konektorů“, popřípadě logických signálů - „binektorů“. Je to v podstatě oscilograf, který umožňuje sejmutý záznam uložit do paměti PC. Maximálně lze současně ukládat 8 signálů.

Tato funkce výrazně usnadňuje nastavení měniče do optimální regulace, hlavně u složitějších regulačních úloh.

U této funkce se zvolí zobrazování požadovaných konektorů. Dále se nastaví doba záznamu a rovněž lze zvolit, kdy, nebo od jaké události (zapnutí pohonu, překročení určité hodnoty apod.) se spustí předvolený záznam.

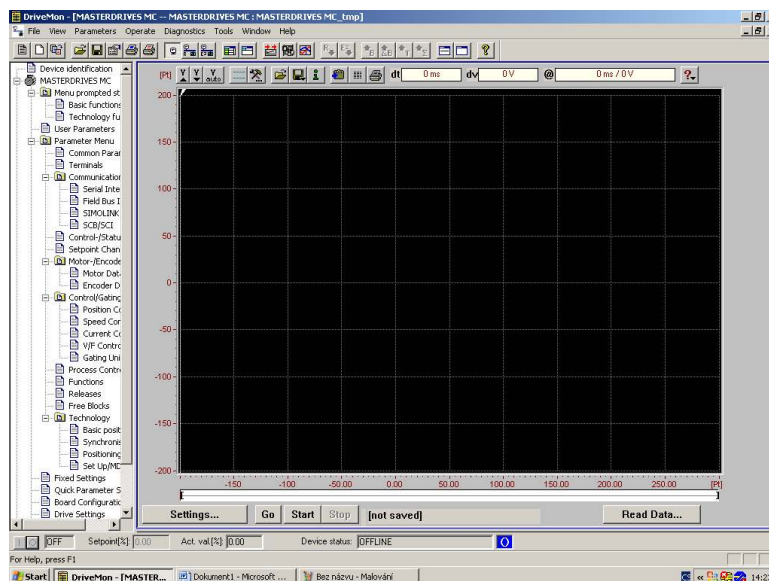
Se sejmutými záznamy lze dále pracovat: měřit, porovnávat, tisknout, ukládat.

Režim TRACE lze zprovoznit pouze u vybraných měničů – musí mít danou funkci připravenou ve svém software. Měnič MASTERDRIVES tuto funkci umožňují. Spouští se ikonou označenou TRACE (obr. 22) nebo z roletového menu:



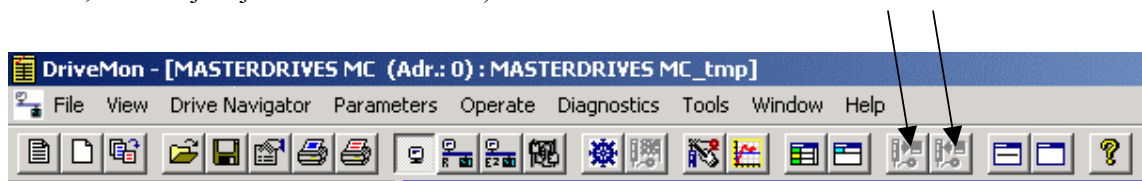
Obr. 22: Spuštění modulu TRACE.

Obrazovka a funkce, které lze zvolit ukazuje následující vyobrazení. Měnič musí být v režimu Online jak ukazuje obr. 23.



Obr. 23: Pohled na základní obrazovku TRACE.

Na závěr tohoto stručného popisu pro používání programu ještě zmíním jednu důležitou funkci. Je to sejmутí parametrové sady do PC a její uložení, popřípadě opačně, z PC do měniče (obr.24). Takto lze například při poruše měniče jednoduše zapojit nové zařízení a po zavedení parametrů je stroj opět provozuschopný. Funkce se volí pomocí ikon označených šipkami (v režimu Online jsou aktivní, obrázek je sejmут v režimu Offline).



Obr. 24: Volba ukládání parametrů do PC.

Ukládat do PC lze celou parametrovou sadu nebo jenom vybrané parametry a to takové, které jsou rozdílné od továrního nastavení měniče. Mimo jiné lze parametrovou sadu ukládat s pomocí komfortního panelu OPIS jak už bylo zmíněno při jeho popisu v kapitole 4.1.

4.3. Parametrizace měniče.

Parametrizace měniče je činnost, která je nutná pro jeho přizpůsobení dané aplikaci. Je to umožněno pomocí software, který formou očíslovaných parametrů mění nastavení a konfiguraci zařízení.

Parametry měniče jsou několika typů. Jsou to:

Systémové parametry – např. parametr pro zadání velikosti výkonu motoru z měniče napájeného

Lze je číst nebo měnit

Parametry typu Binektor - Lze je číst nebo měnit

Parametry typu Konektor - Lze je číst nebo měnit

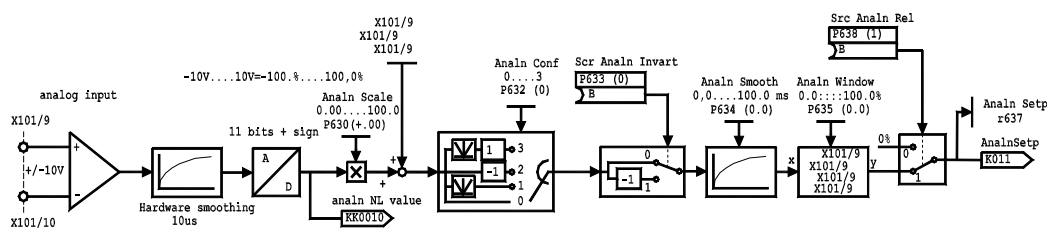
Parametry označené „r“ – vizualizační parametr slouží pro zobrazování interních veličin měniče (např. hodnoty konektorů). Pouze pro čtení.

Parametry označené „U“ – jsou volně použitelné bloky pro úpravu signálu (logické i analogové).

Určité parametry, lze měnit i za provozu zařízení, ale některé, jejichž změna by mohla svou změnou poškodit poháněný mechanismus lze měnit pouze v klidovém stavu měniče. Režim parametrizace je nastaven tak, že takové změny nelze udělat.

Pro vysvětlení co to jsou konektory a konektory je nejlépe popsat strukturu regulačního mechanismu měniče. Struktura se skládá z regulačních bloků – viz obr. 25. Pomocí bloků je zobrazen vstup analogového signálu do měniče. Zde jsou názorně vidět parametry s konektory a parametry s binektory. Po vstupu signálu do měniče, je pomocí A/D převodníku tento zdigitalizován a signál se nachází na **K0010**. Tento signál (konektor) mohu, pokud to má nějaký logický smysl připojit do jiného bloku, který má vstup pro konektor. Ve struktuře měniče jsou konektory dvojího druhu. Konektory s označením **K + číselný index** jsou 16-ti bitové. Konektory s dvojnásobnou přesností – 32 bitové nesou označení **KK + číselný index**. Pokud potřebuji propojit konektor s dvojnásobnou přesností s konektorem 16ti bitovým nebo opačně, musím použít převodník – je ve struktuře obsažen – ve volně programovatelných blocích .

Další typ – binektor – je logický signál, který v regulační struktuře umožňuje řídit činnost těchto struktur. například na schématu zcela vpravo je před výstupem na konektor **K011** zařazen přepínač, který umožní buď signál propustit na výstup nebo přepne na hodnotu o velikosti 0%. V analogové technice je to v podstatě uzemněný vstup. Tento přepínač je ovládán právě pomocí binektoru. Logickou jedničkou přepnu na průchod signálu a logickou nulou signál odpojím a na konektoru **K011** je signál o velikosti 0%. V měničích se často pracuje s hodnotami analogových signálů vyjádřenými pomocí procent z jmenovité hodnoty. Je to pohodlnější pro představu člověka, který na zařízení pracuje, kde se daná hodnota pohybuje. Ukázka zobrazení bloků měniče a jeho popisu je na následujícím obrázku.



Obr. 25: Způsob zobrazování konektorů a binektory v regulačních struktur měniče.

Stavy a módy měniče.

Stavy měniče je zobrazen v parametru **r001** (viz několik důležitých stavů)

- 5 nastavení pohonu
- 9 měnič připraven k zapnutí
- 11 měnič připraven k provozu
- 12 kvitace poruchového stavu
- 13 provoz

21 download parametrů z PC(OPIS)

Pracovní módy měniče se volí v parametru **P60**

- 0 uživatelské parametry (volba v **P360**)
- 1 parametrování
- 2 tovární nastavení
- 3 rychlá parametrizace
- 4 konfigurace připojitelných rozšíření
- 5 nastavení pohonu
- 6 download
- 7 upread/volný přístup
- 8 parametrování silové části

4.4. Popis funkčních bloků - parametrů polohové regulace.

Regulační struktura měniče frekvence MASTERDRIVES MC je sestavena z jednotlivých bloků. Je to například struktury regulace proudu, otáčkový regulátor, řízení momentu stroje. Tyto struktury jsou vybaveny výše popsány konektory a binektory s jejichž pomocí lze řídicí strukturu upravit podle požadavků pro danou aplikaci. Při této práci se samozřejmě nelze obejít bez znalostí problematiky regulovaných pohonů a znalostí řídicí struktury programovaného měniče. Popisovaný frekvenční měnič má ve výbavě volně programovatelných bloků blok základní polohové regulace „**Basic positioner**“. Jeho schéma je v příloze ve funkčním diagramu měniče **788a** [5]. Základní pozicionér se používá pro jednoduché polohovací úlohy. Skládá se ze tří bloků, které jsou z výchozího (továrního nastavení) připraveny pro základní polohování s enkodérem. Každý blok má i samostatné užití. Tyto bloky vykonávají nezbytné řídicí módy pro pohyb z bodu **A** do bodu **B** v režimu řízení polohy.

Základní struktura pozicionéru je připravena pro motor s enkodérem. Pro jiné aplikace je nezbytné strukturu modifikovat.

Pro úspěšnou modifikaci je nutné pochopit činnost jednotlivých bloků, jejich vstupů a výstupů (viz příloha **S** - funkční diagramy **788a** a **788c**).

Charakteristika základního pozicionéru.

Setup (plynulý).

Homing Ref (nalezení referenční polohy).

Softwarové limity polohy (pro lineární polohování (nerotační)).

Kompenzace vůlí v převodu (backlash).

Přesné polohovací okno (POS_OK + doba zpoždění).

Okno vyhodnocení pro post-homing.

Omezení rychlosti změny.

Plynulé nebo spouštěné zadávání hodnot.

Mód lze měnit za jízdy (REF,POS,SETUP).

Změna požadované hodnoty za jízdy.

Výhody základního pozicionéru.

Je obsažen v základní jednotce (cena).
Snadné pochopení (základní nastavení).
Trvalé vyhodnocování žádané polohy.
Řízení s pomocí **BICO** technologie (lze připojit PLC, ale není nezbytné).
Nízký výpočetní čas.
Široká paleta aplikací.

Blok FD789a – Setpoint transfer, Mode management (přenos zadané hodnoty, řídicí mód).

Tento blok provádí přenos požadovaných hodnot a ovládá módy. Ty jsou tři: Homing, Positioning a Setup.

Blok FD789b – Setup (polohově řízený posuv), Positioning (polohování).

V tomto bloku se provádí výpočet hodnoty rychlosti a polohy v závislosti na cílové poloze, velikosti zrychlení a rychlosti (tyto lze přednastavit pomocí omezení). Generátor požadované hodnoty může tvořit rampový generátor, popřípadě je jeho výstupem žádaná hodnota pro řídicí proces Setup nebo jej lze využít pro synchronizační účely.

Třetí blok **FD789c – Correction value** (korekce hodnoty) řídí komunikaci s detekcí polohy a vytváří opravný signál pro regulátor polohy.

V bloku **FD789a** se nastavují parametry polohování.

Parametr **U867** nastavuje žádanou hodnotu polohy (LU – lenght unit).

Rozsah nastavení je od -2^{-32} do $2^{32}-1$ poloh.

Tovární nastavení je na **KK879**, kde lze pomocí **U874.1** zvolit pevně velikost této hodnoty.

Nastavení rychlosti polohování se zadává parametrem **U868** – zde se volí zdroj této hodnoty (0-100%).

Nastavení akcelerace – zdroj požadované hodnoty volíme parametrem **U869.1**, **U869.2** je pro deceleraci.

Dále je pro ovládání binárních signálů vytvořeno řídicí slovo (Control Word) – parametr **U866**

U866.01 1=ENABLE - basic positioner – uvolnění základního polohování

U866.02 1=HOMING nejvyšší priorita vůči **U863.03** a **.04**

U866.03 1=POSITIONING vyšší priorita vůči **U863.04**

U866.04 1=SETUP nejnižší priorita

U866.05 1=relativní / 0=absolutní polohování

U866.06 DIRECTION FORWARD směr vpřed

U866.07 DIRECTION BACKWARD směr vzad

U866.08 přenos hodnot s náběžnou hranou

U866.09 trvalý přenos (ne pro relativní polohování)

U866.10 0=Homing on the fly / 1=Go to home position

U866.11 REF_BWD_STOP - Koncová poloha vzad

U866.12 REF_FWD_STOP - Koncová poloha vpřed

U866.13 Stop

U866.14 Reverzace

Parametrem **U822** je z továrního nastavení na **1** zvolen režim Reset po zapnutí (power ON).

Veškeré výstupy polohování jsou tímto po provedení tohoto resetu nastaveny na nulu.

4.5. Pro měřenou úlohu byly použity následující komponenty.

Frekvenční měnič typu SIMOVERT MC

6SE7016 – 1EA51 provedení compact unit

Výrobce: Siemens

Měnič má výstuní proud 6,1A což odpovídá motoru s výkonem 2.2kW.

Přídavná karta typu SBP: pro připojení IRC snímače otáček

Asynchronní Motor:

Typ: **1LA7096-4AA1**

Výrobce: Siemens

Výkon: 1,50kW

Otáčky: 1410 min⁻¹

Jmenovitý proud: 3,40A

Jmenovitý moment: 10,1Nm

Poměr Mz/Mn: 2,4

Poměr Ik/In: 5,3

Hmotnost: 15,6 kg

Snímač otáček motoru: inkrementální typ (IRC)

Typ: IRC320/1000PB

Výrobce: Larm Netolice

Napájecí napětí 10 – 30V DC, výstup typu push/pull

Inkrementální rotační snímač s LED diodou v osvětlovači v provedení s vývodem kabelem o délce 2m. Na motor se upevňuje letmou montáží – dutá hřídel snímače má vnitřní průměr 12mm. Pouzdra snímače je opatřeno ocelovou planžetou, která se přichytí na pevnou část motoru – kryt ventilátoru. Planžeta pouze zachytává reakční točivý moment. Vlastní upevnění je provedeno nasunutím na patřičně upravený konec hřídele motoru. Zajištění je provedeno dvěma červíky M3,5.

Připojení IRC snímače do měniče je v tabulce 2.

Barvy vodiče	signál	Svorkovnice X400, X401 na SBP
Černá	GND napájecí napětí	X400:60
Červená	+10 až 30V napájecí napětí	X400:61
Žlutá	signál 1 (stopa A)	X401:68
Bílá	signál 1 non (stopa A)	X401:69
Zelená	signál 2 (stopa B)	X401:70
Šedá	signál 2 non (stopa B)	X401:71
Modrá	Signál 3 (nulový impuls)	X401:72
Fialová	signál 3 non (nulový impuls)	X401:73

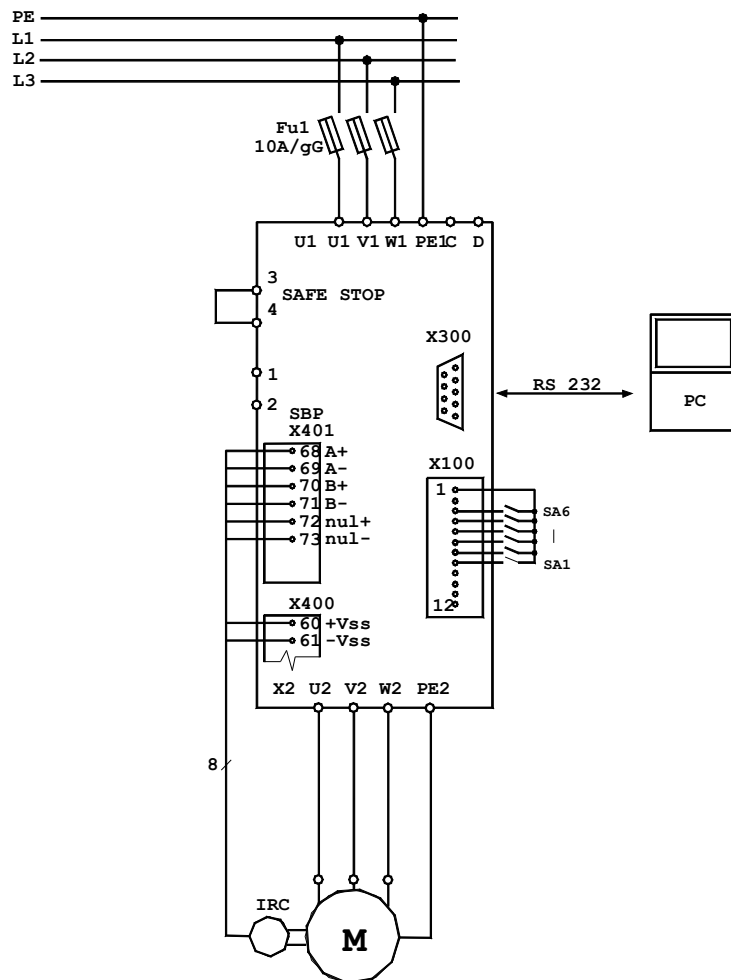
4.5.1. Schéma zapojení a jeho popis.

Napájecí síť 3 x 400V/50Hz TN/S je připojena přes pojistkový odpojovač s pojistkami. Ovládání měniče je prováděno pomocí sestavy spínačů **SA1 – SA6** (obr. 28), osazených do plastové krabice. Připojení je realizováno plochým vícežilovým kabelem ke svorkovnici **X101**. Indukční motor je

k měniči připojen stíněným kabelem CMFM 4B x 1,5 o délce cca 3m. Stínění je připojeno ke kostře jak u měniče, tak i v motoru, v souladu s EMC doporučením [5].

Pro použití IRC snímače polohy je nutno vložit do měniče kartu pro vyhodnocení IRC čidla. Karta se dodává pod označením **SBP** (Senzor Board Pulse). Není standardní součástí měniče a je osazena do horního slotu „A“. Takto vložená karta se pomocí parametrů **P135 – P150** přizpůsobí pro aktuálně použitý typ IRC čidla. Na kartě SBP je konektor pro připojení IRC čidla označen **X401**. Napájení IRC čidla se připojí na svorkovnici **X400** piny **60** a **61**.

Konektor s označením **X400** je rovněž určen pro připojení snímače teploty vinutí motoru. Možné jsou snímače typu KTY84 nebo PTC100. Pokud by se využívala možnost měření teploty vinutí je nutno kartu SBP osadit do slotu C, který jediný má propojení analogových signálů do centrální řídicí desky. IRC snímač je spojen pomocí originálního kabelu. Připojeny jsou všechny stopy snímače (stopa A, Sstopa B, nulový puls).



Obr. 27: Zapojení měniče pro ověřování parametrů servomotorů.

5. Jednoduchý manuál měniče MASTERDRIVES MC pro ověřování střídavých pohonů.

Pro ověřování střídavých pohonů na tomto měniči je v tomto manuálu popsán způsob zadávání základních parametrů pohonu, identifikace pohonu, a dále metodika provádění měření v režimech:

Otáčkové regulace

Polohové regulace

S využitím bloku základního polohování

5.1. Otáčkový a polohový regulátor.

Otáčkové regulace.

Po připojení potřebných komponentů dle schématu a jeho kontrole je možno přikročit k vlastnímu nastavení parametrů měniče.

Pro zprovoznění měniče je nejvhodnější zvolit otáčkovou regulaci se zpětnou vazbou pomocí IRC čidla. Zde se nastaví výchozí parametry měniče a pokud je vše v pořádku a regulace pracuje, tak se provede modifikace na polohovou regulaci a zprovozní se rovněž.

Protože většinou ve školních podmínkách není známá přesná konfigurace parametrů měniče je účelné na počátku parametrizace spustit režim, kdy je měnič nastaven do takzvaného „továrního nastavení“.

To je stav měniče, kdy jsou hodnoty parametrů přesně definovány a je možno je najít v dokumentaci. Jen tak, je totiž možno s jistotou danou úlohu zprovoznit bez větších problémů.

Mód tovární nastavení se provádí volbou těchto parametrů:

Je možno provádět pomocí PMU nebo pomocí PC po navázání komunikace – tedy v režimu Online.

Nebo pouze z jednoduchého ovládacího panelu.

P053 – 6 přístup k parametrům

P060 – 2 Tovární nastavení

P970 – 0 0-bude provedeno tovární nastavení; 1-příkaz se neprovede

Po této proceduře, která trvá cca 2 minuty je měnič v základním továrním nastavení.

Protože v naší práci je použit běžný asynchronní motor, je nutno některé parametry motoru zadat a poté se spustí automatická procedura - **identifikace pohonu**, při které si měnič sám změří parametry vinutí a z nich dopočítá zbývající potřebné veličiny. Toto je nutno provést pro uspokojivou činnost vektorového řízení. Vektorové řízení je založeno na matematickém modelu motoru a tento model pracuje s takto vytvořenými daty.

Nejlépe je postupovat podle následujícího seznamu parametrů, které se postupně zadají do měniče:

P060 – 5 nastavení pohonu

P071 – 400 napětí sítě [V]

P095 – 4 Asynchronní motor nestandardní

P101 – 400 svorkové napětí motoru [V]

P102 – 3,4 jmenovitý proud motoru [A]

P103 – 1,52 proud nezatíženého motoru [A] Pokud tuto hodnotu neznáme, zadáme „0“ a měnič si tuto hodnotu vypočte při automatické parametrizaci motoru

P104 – 0,82 $\cos\phi$ motoru [-]

P107 – 50 jmenovitá frekvence motoru [Hz]

P108 – 1410 jmenovité otáčky motoru [min^{-1}]

P109 - 2	počet pólových dvojic	[-]
P115 - 1	ponecháme	
P122-11212	[mΩ] tuto hodnotu nezadááme – měnič ji spočte při identifikaci pohonu	
P128 - 3,4	maximální výstupní proud	[A]
P130 - 6	typ enkodéru do karty SPB, která není ve slotu C	
P136 - 144	vyber počet pulzů enkodéru z nabídky, pokud není zadá se 144 a počet se zapíše do parametru 144	
P144 - 1000	Počet pulzů enkodéru	
P147 - 0	nestandardní enkodér další parametry nutno zadat v P148	
P140 - 0	počet otáček multiotáčkového enkodéru	
P290 - 0	druh regulace – vektorové řízení	
P340 - 5,0	modulační kmitočet	[kHz]
P350 - 3,6	proud pro normování (100% = 3,6A)	[A]
P351 - 400	napětí pro normování (100% = 400V)	[V]
P352 - 50	kmitočet pro normování	[Hz]
P353 - 1410	rychlost pro normování	[min ⁻¹]
P354 - 10,1	Krouticí moment pro normování	[Nm]
P452 - 105	max. otáčky v kladném směru	[%]
P453 - -105	max. otáčky v kladném směru	[%]
Pro ukončení parametrování pohonu zadáme P060 - 1 návrat do “menu parametrování“		

Pro možnost zadávání velikosti rychlosti připojíme dle diagramu **FD310 – setpoint processing** do parametru **P443** konektor **KK0411** – pevně přednastavitelná hodnota (viz diagram v příloze S - **FD705 – free blocks**)

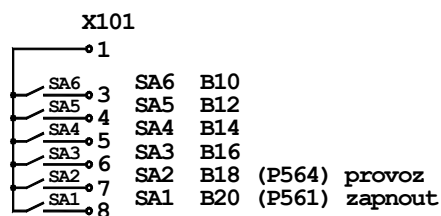
Do parametru **U011** zadáváme hodnotu rychlosti v %. (od **-200** do **+200%**).

Nyní po zadání všech parametrů můžeme zkusit roztočit motor.

Ovládání měniče.

Ovládání měniče provádíme pomocí sady spínačů zapojených do konektoru **X101** (obr. 28).

Po zadání velikosti rychlosti do parametru **U011** aktivujeme měnič sepnutím **SA1**. Dojde k zapnutí měniče a po stisku **SA2** řídicí elektronika uvolní regulátory a pohon se roztočí. Pokud rozepneme **SA2**, tak dojde k dojezdu motoru po nastavené rampě a k zastavení. Pokud ale rozepneme **SA1**, tak jsou ihned zablokovány řídicí pulsy výkonového můstku a pohon se dotočí volně [5].



Obr.28: Schéma zapojení ovládací sady spínačů.

Může nastat situace, že měnič vyhlásí po zapnutí chybu **F051**. Je nutno prověřit správnost zapojení čidla polohy, popřípadě změnit smysl zpětné vazby. Přehození dvou výstupních fází z měniče do motoru.

Zbývá ještě dokončit **identifikaci pohonu**. Provádí se parametrem **P102** - nastavíme hodnotu **2** a ovládacími přepínači uvedeme měnič do stavu zapnuto (**SA1**) měniče a provoz (**SA2**). Velikost nastavení otáček je libovolná – měnič má nyní svůj autonomní režim, při němž testuje připojený motor. Trvá cca 20 – 40 vteřin a je ukončen zapsáním „0“ do parametru **P102**. Rovněž запиše vypočtené hodnoty do parametrů **P111 – P127**. Ukončení poté potvrdíme vypnutím **SA2**.

Pokud připojujeme standardní motor z nabídky měniče tato identifikace pohonu se neprovádí – hodnoty se načtou z databáze měniče. Do parametru **P102** se zadá proto **0**.

Další popis je polohová regulace s využitím polohového regulátoru.

(diagram FD340 – position controler)

Pro zprovoznění polohové regulace je nutno vřadit do regulační struktury regulátor polohy.

Provede se to následovně: do parametru **P443** jsem namísto **KK0411** vřadil výstup z regulátoru polohy **KK0131** (viz **diagram FD310 – setpoint processing**) tedy:

P443 – KK0131	namísto KK0411 (pevně nastavitelná hodnota pomocí U011)
P190 – KK141	zadání polohy pomocí parametru P775
P210 – B1	uvolnění regulátoru polohy – způsobí rovněž obejití rampového generátoru (viz diagram FD340 – position controler)
P204- 0 až 20	volba zesílení P regulátoru polohy

Polohování se zadává v parametru **P775** v rozsahu **-2147483647** do **+2147483647**.

Parametrové sady pro ověřování otáčkové a polohové regulace jsou uloženy na příložené CD pod názvy: **OTÁČKOVÁ.dnl** **POLOHOVÁ.dnl**.

5.2. Polohování s pomocí bloků základního polohování.

Podrobný vyčerpávající popis lze nalézt v [5] v kapitole 7.2.3. Tento jednoduchý manuál popisuje pouze způsob nastavení jednotlivých módů jednoduchého polohování a přibližuje použití v praxi.

5.2.1. Režimy SETUP, POSITIONING.

Bloky základního polohování („Basic Positioner“) jsou vyobrazeny na funkčních diagramech:

FD788; BD789a; FD788a; FD788b; FD789b; FD789c; FD330;

Je složen z těchto tří bloků:

Setpoint Transfer and Management

Setup / Positioning

Correction Block / Homing

Tyto bloky mohou pracovat samostatně nebo v součinnosti. Pro účely ověřování pohonů využijeme blok jako celek. Je nutno udělat následující úpravy parametrů. Úprava předpokládá, že pokračujeme podle tohoto manuálu, tudíž navazuje na předchozí nastavení – tedy je funkční regulátor polohy.

Protože je zapotřebí více ovladačů je nutno digitální vstupy / výstupy na svorkovnici **X101** upravit pouze na vstupy. Provede se to nastavením výstupů na pevný binektor **B0000**.

Jedná se o tyto parametry:

P651 – B0000

P652 – B0000

P653 – B0000

P654 – B0000

Dále se propojí výstup signálu z bloků základního polohování **KK882** na vstup polohového regulátoru.

P190 – KK0882

U858 – 0 volba druhu polohování – lineární – 0

Rotační **1 – 2147483647** kromě nuly

Funkční bloky základního polohování je nutno uvolnit (viz **FD 788a**). Podrobněji v [5] kapitola 7.1.1.2. Je nutno nastavit jejich časový slot na hodnotu uvolněno.

U953.60 – 4

U953.61 – 4

U953.62 – 4

Po tomto nastavení je ještě nutno překonfigurovat blok.

Set point transfer and mode Management

Jeho řídicí slovo:

U866.01 – B0220	uvolnění signálem B0220
U866.02 – B0012	REF_ON (ovládání pomocí SA5)
U866.03 – B0014	POS_ON (ovládání pomocí SA4)
U866.04 – B0016	SETUP_ON (ovládání pomocí SA3)
U866.05 – B0000	POS_TYPE (absolutní polohování)
U866.06 – B0001	D_FWD (volba směru „vpřed“)
U866.07 – B0000	D_BWD (volba směru „vzad“)
U866.08 – B0886	REF_TYPE (původní nastavení-nevyužito)
U866.09 – B0001	SPV_RIE_TYP (1 – trvalý přenos žádosti)
U866.10 – B0886	(homing)
U866.11 – B0001	REF_BWD_STOP (konc. spínač homing)
U866.12 – B0001	REF_FWD_STOP (konc. spínač homing)
U866.13 – B0888	REF_STOP (homing)
U866.14 – B0887	REF_D (homing)

Parametrem **U874.01** zadáváme **žádanou** hodnotu polohy v jednotkách LU

Parametrem **U874.02** zadáváme **referenční** hodnotu polohy v jednotkách LU

Parametrová sada s tímto nastavením byla zase uložena na přiložené CD jako soubor **SETUP_POSITIONING.dnl**.

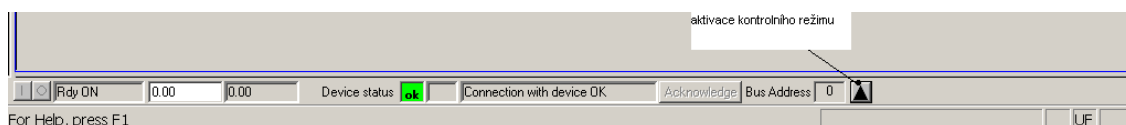
Po tomto nastavení lze již ověřovat módy **SETUP** a **POSITIONING**.

Sepnutím **SA1** a **SA2** zapneme a odblokujeme měnič. Po sepnutí **SA3** se pohon roztočí směrem nastaveným v **U866.06** a **U866.07**. Po vypnutí **SA3** se pohon zastaví. Toto je režim **SETUP** – tzv. ruční nastavování polohy.

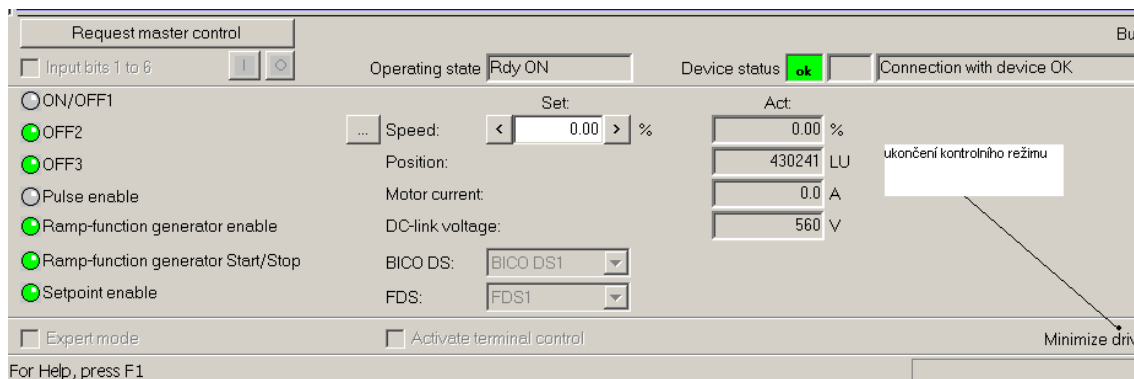
Zvolíme-li mód **POSITIONING** (**SA4**) bude pohon najíždět do polohy přednastavené v parametru **U874.01**. Protože mód **POSITIONING** má vyšší prioritu, tak pokud v režimu **SETUP** (**SA3**) aktivujeme mód **POSITIONING** (**SA4**) pohon se nastaví do předvolené polohy.

Kontrolu lze provádět pomocí **r 201**, nebo navolením kontrolního okna v SW **DRIVEMONITOR**.

Volba okna a jeho deaktivace se provede podle obr. 29 a 30.



Obr. 29: Způsob aktivace kontrolního okna pohonu.



Obr. 29: Deaktivace kontrolního okna.

Měření v režimu **POSITIONING** byly provedeno opět pro tři nastavení zesílení regulátoru polohy **P204 – 0,5; 2; 5**. Změna polohy z **100000 LU** na **-100000 LU**.

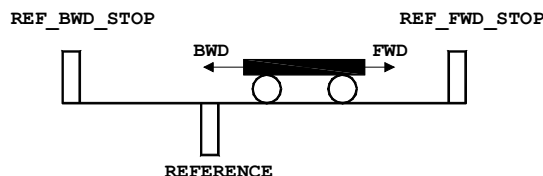
5.2.3. Režimy HOMING MOVEMENT a HOMING FLY.

Homing movement.

Aktivuje se volbou **REF_TYPE - 1**.

Tento režim je určen k obnovení polohy po zapnutí, jestliže je použit pro snímání polohy inkrementální rotační snímač (IRC - můj případ) – k nalezení referenčního bodu.

Pro vysvětlení poslouží obr. 31. Pohon (vozík) jezdí mezi krajními polohami, které vymezují koncové body ovládající funkce **REF_BWD_STOP (U866.11)** a **REF_FWD_STOP (U866.12)**. Na těchto koncových bodech mění směr zpět a „hledá“ referenční (**HOME**) bod. Funkce je možná **pouze z jednoho předvoleného** směru. Nalezení této pozice spouští signál **REF_ON - 1**. Ten je aktivní s náběžnou hranou. Způsobí přepsání aktuální polohy hodnotou zadanou v parametru **U874.2** (referenční hodnota polohy). Vyhledávání běží tak dlouho, než je ukončeno signálem **ARFD** na vstupu **REF_STOP (U866.13)** nebo vynulováním požadavku **REF_ON - 0**. K nalezení reference lze užít digitální vstupy **4 a 5** (jeden z nich) **SA2, SA3** na svorkovnici **X101**. Tyto vstupy řídí parametry **P647 a P648**. Je nutno je nakonfigurovat tak aby byly aktivní s náběžnou hranou – **3**. viz **FD330**



Obr. 34: Signály pro řízení pohybu.

Protože ovládání měniče je pomocí **SA1** a **SA2** je nutno **SA2** uvolnit - nelze jej nyní používat pro funkci ovládání měniče, protože by nám zároveň aktivoval referenční signál na dig. Vstupu 4 – **SA2**. Proveďte se to nastavením **P554 – B0020** (z původního **B0016**). Nyní se měnič aktivuje pouze spínačem **SA1**. **SA2** je takto uvolněn pro aktivaci reference.

Dále je nutno propojit:	U877.4 – KK122	(poloha v měřicí paměti)	viz FD789c
	U878.3 – B212	(platné měření)	
Konfigurace řídicího slova:	U866.01 – B0220	uvolnění signálem B0220	
	U866.02 – B0012	REF_ON	(ovládání pomocí SA5)
	U866.03 – B0014	POS_ON	(ovládání pomocí SA4)
	U866.04 – B0000	SETUP_ON	(zablokován)
	U866.05 – B0000	POS_TYPE	(absolutní polohování)
	U866.06 – B0001	D_FWD	(volba směru „vpřed“)
	U866.07 – B0000	D_BWD	(volba směru „vzad“)
	U866.08 – B0884	SPV_RIE	(původní nastavení-nevyužito)
	U866.09 – B0001	SPV_RIE_TYP	(1 – trvalý přenos žádosti)
	U866.10 – B0001	REF_TYPE	(homing)
	U866.11 – B0010	REF_BWD_STOP	(konc. spínač homing)
	U866.12 – B0014	REF_FWD_STOP	(konc. spínač homing)
	U866.13 – B0888	REF_STOP	(homing)
	U866.14 – B0887	REF_D	(homing)
Parametrem	U874.01	zadávané žádanou hodnotu polohy v jednotkách LU	
Parametrem	U874.02	zadávané referenční hodnotu polohy v jednotkách LU	
Vřazení korekčního bloku:	P174 – KK885	korekce polohy COR	viz FD330
	P175.01 – B889	korekce polohy +COR	
	P175.02 – B890	korekce polohy –COR	
	P179 – B891	odblokování měřicí paměti	
	U877.4 – B122	aktuální pozice přerušení v měřicí paměti	
	U878.3 – B212	start hledání referenční polohy	
	U873	zadání rychlosti při funkci HOMING [%]	
	r185	zobrazení aktuální polohy [LU]	
	P204 – 2	volba zesílení polohového regulátoru	

Měření bylo provedeno s aktivací koncových snímačů (**U866.11** a **.12**). Je však nutno vyzkoušet pomocí prohození parametrů **U866.06 .07** správný směr „pohybu vozíku“.

Homing on the fly.

Aktivní při volbě **REF_TYPE - 0**.

Homing on the fly je tzv. rychlý homing [5]. Nalezení polohy po aktivaci signálu **REF_ON** je možné z obou směrů. Pracuje obdobně jako homing movement. Pro ověření bylo provedeno měření právě této vlastnosti – tedy nájezd na referenci „zleva“ i „zprava“

Nastavení bylo upraveno takto. Byly zablokovány koncové body **U866.11** a **U866.12**. Funkce se opět aktivuje pomocí signálu **REF_ON (SA5)**.

Výpis řídicího slova je zde:	U866.01 – B0220	uvolnění signálem B0220
	U866.02 – B0012	REF_ON (ovládání pomocí SA5)
	U866.03 – B0014	POS_ON (ovládání pomocí SA4)
	U866.04 – B0000	SETUP_ON (zablokován)
	U866.05 – B0000	POS_TYPE (absolutní polohování)
	U866.06 – B0001	D_FWD (volba směru „vpřed“)
	U866.07 – B0000	D_BWD (volba směru „vzad“)
	U866.08 – B0884	SPV_RIE (původní nastavení-nevyužito)
	U866.09 – B0001	SPV_RIE_TYP (1 – trvalý přenos žádosti)
	U866.10 – B0000	REF_TYPE (homing)
	U866.11 – B0000	REF_BWD_STOP (konc. spínač homing)
	U866.12 – B0000	REF_FWD_STOP (konc. spínač homing)
	U866.13 – B0888	REF_STOP (homing)
	U866.14 – B0887	REF_D (homing)

Všechna ostatní propojení zůstala původní.

Parametrové sady pro ověřování módů **HOMING** jsou uloženy na přiložené CD pod názvy: **HOMING_MOVEMENT.dnl HOMING_FLY.dnl**.

6. Měření.

Popis měření a měřené hodnoty jsou přehledně zobrazeny v následující stati. Vlastní naměřené hodnoty jsou obsaženy v přílohách **A až R** této práce.

Měření bylo prováděno na sestavě zapojení podle obrázku 27. Ovládání měniče jsem prováděl pomocí sady spínačů **SA1-SA6**. Parametrizace a vizualizace naměřených hodnot byla řešena pomocí PC s nainstalovaným SW **DRIVEMONITOR**.

Veškeré měření bylo prováděno pomocí SW **DRIVEMONITOR** modulu **TRACE**.

Naměřené průběhy jsou vyobrazeny po dvojicích dohromady. Žádaná hodnota a skutečná. Jsou barevně rozlišeny, takže je dobře vidět případné rozdíly mezi hodnotami.

Veškerá měření byla prováděna pro jmenovité otáčky pohonu 1410 min^{-1} (100%).

Měření parametrů otáčkové regulace.

Měření parametrů otáčkové regulace - tabulka signálů

veličina	Označení v systému	konektor
Zadání otáček	n(set)	KK0150
Skutečné otáčky	n(act)	KK0151
Magnetizační proud skutečný	Isd(act)	KK0182

Magnetizační proud požadovaný	Isd(set)	KK0183
Momentotvorný proud skutečný	Isq(act)	KK0184
Momentotvorný proud požadovaný	Isq(set)	KK0168

Měření bylo prováděno pro tato nastavení parametrů rychlostního PI regulátoru:

P složka regulátoru rychlosti	I složka regulátoru rychlosti	Vyobrazeno v příloze číslo:
Kp - P235 - 0,1	I [ms] - P240 – 50	příloha měření: A
Kp - P235 - 1	I [ms] - P240 – 10	příloha měření: B
Kp - P235 - 1	I [ms] - P240 – 50	příloha měření: C
Kp - P235 - 10	I [ms] - P240 – 50	příloha měření: D

Zhodnocení výsledků měření otáčkové regulace:

Z naměřených výsledků je zřejmé, že pro nastavení parametrů regulátoru otáček v případě A – Kp=0,1, Tp=50[ms] dochází vlivem malého zesílení k výraznému rozdílu mezi žádanou a skutečnou hodnotou otáček. Soustava vykazuje zpoždění regulace s následnými překmity. Na dalších záznamech, kdy jsem hodnotu zesílení postupně zvětšoval se regulace výrazně zpřesnila. Skutečná hodnota otáček kopíruje požadovanou. Hodnota tokotvorné složky Isd statorového proudu názorně např. z průběhů v příloze A ukazuje při nárůstu otáček pokles proudu – snížení magnetického toku. Momentotvorná složka Isq proudu roste při akceleraci, kdy je požadavek na zvýšení momentu pro urychlení setrvačných hmot rotoru. Při deceleraci nabývá záporných hodnot – pohon brzdí.

Měření parametrů polohové regulace.

Měření parametrů polohové regulace - tabulka signálů

veličina	Označení v systému	konektor
Zadání otáček	n(set)	KK0150
Skutečné otáčky	n(act)	KK0151
Magnetizační proud skutečný	Isd(act)	KK0182
Magnetizační proud požadovaný	Isd(set)	KK0183
Momentotvorný proud skutečný	Isq(act)	KK0184
Momentotvorný proud požadovaný	Isq(set)	KK0168
Poloha skutečná	PosAct	KK0120
Poloha zadaná	PosFix	KK0141

Měření bylo prováděno pro tato nastavení parametrů polohového P regulátoru:

P složka regulátoru polohy	I složka regulátoru polohy	Vyobrazeno v příloze číslo:
Kp - P204 - 0,1	I [ms] - P206 – 0	příloha měření: E
Kp - P204 - 0,2	I [ms] - P206 – 0	příloha měření: F
Kp - P204 - 0,5	I [ms] - P206 – 0	příloha měření: G
Kp - P204 - 1	I [ms] - P206 – 0	příloha měření: H
Kp - P204 - 2	I [ms] - P206 – 0	příloha měření: I
Kp - P204 - 5	I [ms] - P206 – 0	příloha měření: J

Pro účely měření regulátoru polohy jsem zadával rozsah hodnot od –100000 do 100000 [LU].

Zhodnocení výsledků měření polohové regulace:

Měření bylo prováděno v rozsahu polohy od **-100000** do **100000** [LU]. Střídavě z jedné polohy do druhé. Postupně bylo zvyšováno zesílení regulátoru (typ P s nulovou časovou konstantou) polohy z hodnoty **0,1** až na konečných **5**. Změna nastavení parametrů otáčkového regulátoru neměla vliv na kvalitu regulace. Protože je při polohové regulaci zablokován rozběhový člen, je zadání otáček od regulátoru polohy v podstatě skokové. Zpoždění v náběhu otáček je dáno proudovým omezením v regulátoru proudu. Při zvyšování hodnoty zesílení regulátoru polohy je zřetelně vidět zrychlení dojezdu na požadovanou hodnotu polohy. Při zesílení **Kp=5** začínají otáčky překmitávat.

Měření s využitím bloku základního polohování**Měření parametrů v módu SETUP.**

Měření parametrů v módu SETUP - tabulka signálů

veličina	Označení v systému	konektor
Zadání otáček	n(set)	KK0150
Skutečné otáčky	n(act)	KK0151
Magnetizační proud skutečný	Isd(act)	KK0182
Magnetizační proud požadovaný	Isd(set)	KK0183
Momentotvorný proud skutečný	Isq(act)	KK0184
Momentotvorný proud požadovaný	Isq(set)	KK0168
Poloha skutečná	PosAct	KK0120
Poloha zadaná	PosFix	KK0141

Měření bylo prováděno pro tato nastavení parametrů polohového P regulátoru:

P složka regulátoru polohy	I složka regulátoru polohy	Vyobrazeno v příloze číslo:
Kp - P204 - 0,2	I [ms] - P206 - 0	příloha měření: K
Kp - P204 - 2	I [ms] - P206 - 0	příloha měření: L
Kp - P204 - 5	I [ms] - P206 - 0	příloha měření: M

Zhodnocení výsledků měření v módu SETUP:

Tento režim je určen pro změnu polohy pohonu. Pro nastavení zesílení regulátoru polohy se jeví regulace jako uspokojivá, pouze pro poslední nastavení na **Kp=5** dochází již k překmitávání. Průběhy dojezdů se zkracují s rostoucím zesílením regulátoru polohy. Ze záznamů polohy požadované a skutečné lze pozorovat zpoždění v regulaci.

Měření parametrů v módu POSITIONING

Měření parametrů v módu POSITIONING - tabulka signálů

veličina	Označení v systému	konektor
Zadání otáček	n(set)	KK0150
Skutečné otáčky	n(act)	KK0151
Magnetizační proud skutečný	Isd(act)	KK0182
Magnetizační proud požadovaný	Isd(set)	KK0183
Momentotvorný proud skutečný	Isq(act)	KK0184
Momentotvorný proud požadovaný	Isq(set)	KK0168

Poloha skutečná	PosAct	KK0120
Poloha zadaná	PosFix	KK0141

Měření bylo prováděno pro tato nastavení parametrů polohového P regulátoru:

P složka regulátoru polohy	I složka regulátoru polohy	Vyobrazeno v příloze číslo:
Kp - P204 - 0,2	I [ms] - P206 – 0	příloha měření: N
Kp - P204 - 2	I [ms] - P206 – 0	příloha měření: O
Kp - P204 - 5	I [ms] - P206 – 0	příloha měření: P

Zhodnocení výsledků měření v módu POSITIONING:

Tento režim je určen pro změnu polohy pohonu na základě předem zadané nové polohy. Opět pro nastavení zesílení regulátoru polohy se jeví regulace jako uspokojivá, pouze pro poslední nastavení na **Kp=5** dochází již k překmitávání. Průběhy dojezdů se zkracují s rostoucím zesílením regulátoru polohy. Ze záznamů polohy požadované a skutečné lze opět pozorovat zpoždění v regulaci.

Měření v módu HOMING MOVEMENT.

Měření bylo prováděno pro tato nastavení parametrů polohového P regulátoru:

Měření v módu HOMING MOVEMENT - tabulka signálů

veličina	Označení v systému	konektor
Zadání otáček	n(set)	KK0150
Skutečné otáčky	n(act)	KK0151
Magnetizační proud skutečný	Isd(act)	KK0182
Magnetizační proud požadovaný	Isd(set)	KK0183
Momentotvorný proud skutečný	Isq(act)	KK0184
Momentotvorný proud požadovaný	Isq(set)	KK0168
Poloha skutečná	PosAct	KK0120
Poloha zadaná	PosFix	KK0141

P složka regulátoru polohy	I složka regulátoru polohy	Vyobrazeno v příloze číslo:
Kp - P204 - 2	I [ms] - P206 – 0	příloha měření: Q

Zhodnocení výsledků měření v módu HOMING MOVEMENT:

Tento režim je určen pro obnovení přesné polohy po znovuzapnutí napájení. Bylo měřeno pro jedno nastavení zesílení **Kp=2**. Simulace proběhla včetně „nájezdu“ na koncové spínače. Po načtení referenční polohy pohon se zpožděním zastaví. Ze záznamu polohy je vidět bod obnovení referenční polohy.

Měření v módu HOMING ON THE FLY

Měření v módu HOMING ON THE FLY - tabulka signálů

veličina	Označení v systému SW	konektor
Zadání otáček	n(set)	KK0150
Skutečné otáčky	n(act)	KK0151

Magnetizační proud skutečný	Isd(act)	KK0182
Magnetizační proud požadovaný	Isd(set)	KK0183
Momentotvorný proud skutečný	Isq(act)	KK0184
Momentotvorný proud požadovaný	Isq(set)	KK0168
Poloha skutečná	PosAct	KK0120
Poloha zadaná	PosFix	KK0141

Měření bylo prováděno pro tato nastavení parametrů polohového P regulátoru:

P složka regulátoru polohy	I složka regulátoru polohy	Vyobrazeno v příloze číslo:
Kp - P204 - 2	I [ms] - P206 – 0	příloha měření: R
Kp - P204 - 2	I [ms] - P206 – 0	příloha měření: S

Zhodnocení výsledků měření v módu HOMING ON THE FLY:

Tento režim je určen pro rychlé obnovení polohy. Pracuje na rozdíl od předchozího režimu v obou směrech pohybu. Měření bylo i takto provedeno. Ze záznamu polohy je zřejmé obnovení referenční polohy pro oba směry pohybu. Bylo měřeno pro jedno nastavení zesílení regulátoru polohy **Kp=2**.

Závěr.

Úkolem mojí diplomové práce bylo realizovat polohovou regulaci asynchronního motoru s frekvenčním měničem SIEMENS MASTERDRIVES MC a vypracovat metodický postup pro ověřování střídavých regulovaných pohonů napájených z frekvenčního měniče.

Rovněž jsem se zabýval popisem používaných střídavých servomotorů a snímačů polohy pro zajištění zpětné vazby pro regulaci polohy. V práci je provedeno porovnání vlastností synchronních motorů s buzením permanentními magnety s asynchronními motory pro servoregulaci.

Popsán je použitý frekvenční měnič – jeho periferie, regulační struktura, a způsob vytváření parametrových sad pro regulační úlohy.

Při vlastní praktické části práce jsem se rozhodl provádět parametrování a měření pohonu po etapách. Nejprve jsem nastavil měnič na příslušný zapojený pohon, provedl identifikaci pohonu. Dále jsem zprovoznil v měniči otáčkovou regulaci a provedl sérii měření pro různá nastavení PI regulátoru rychlosti. Nastavení parametrů PI regulátoru polohy má velký vliv na průběh regulované veličiny. V tomto případě otáček. Měření jsem prováděl pomocí SW DRIVEMONITOR – aplikace TRACE. Nasnímané průběhy veličin jsou vyobrazeny v přílohách.

Poté jsem vřadil do regulační smyčky polohový regulátor. Tento je nastaven jako typ P – proporcionální s nulovou integrační složkou. Bylo provedeno několik měření pro různá nastavení zesílení polohového regulátoru. Z křivek je patrné, že pro větší zesílení polohového regulátoru je regulace rychlejší - otáčky klesají mnohem strměji – regulace je rychlejší a rovněž po zkoušce „zatočením“ motorem rukou je pohon „tvrdší“. Od určité velikosti nastavení začne být soustava přeregulována a regulace překmitává. Nastavení jiných parametrů regulátoru rychlosti nemá vliv na dosažení požadované polohy.

Po připojení bloků „základního polohování“ je vidět z nasnímaných průběhů zpoždění v regulaci – skutečná hodnota polohy se zpožďuje za žádanou. Rozdíl je zřetelně patrný ze záznamu polohy.

Prověřovaný frekvenční měnič je široce konfigurovatelný díky bohaté paletě volně použitelných „analogových“ a logických bloků. Pro uživatele, který se s touto technologií střetává poprvé je velmi těžké se orientovat. Téměř nutností je využívat pro vytvoření dané aplikace osobní počítač – notebook

a obrázky s funkčními diagramy regulační struktury. Bez tohoto pomocníka (PC) se vytváření složitější regulační struktury stává těžko realizovatelnou záležitostí. Je to v podstatě daň za univerzálnost takového zařízení. Firma Siemens má však takovouto filozofii.

Použité podklady:

- [1] Brandštetter P. *Elektrické regulované pohony III*. VŠB – Technická univerzita Ostrava 2005.
- [3] Siemens s.r.o. *Katalog synchronních servomotorů Siemens*. Dokumentace. Siemens AG, Erlangen 2008.
- [4] Siemens s.r.o. *Katalog asynchronních servomotorů Siemens*. Dokumentace. Siemens AG, Erlangen 2005.
- [5] Siemens s.r.o. *KOMPENDIUM MASTERDRIVES MC*. Dokumentace. Siemens AG, Erlangen 2002.
- [6] Siemens s.r.o. *Catalog DA 65. 11. 2003 / 2004*. Dokumentace Siemens AG, Erlangen 2005.
- [7] Automa.mpresent.cz http://automa.mpresent.cz/index.php?id_document=24955
- [8] RENISHAW <http://www.rls.si/default.asp?prod=re36>

Přílohy

- A. Záznamy měření otáčkové regulace
Zvolené parametry regulátoru otáček: $K_p=0,1$; $T_n = 50$ [ms]
- B. Záznamy měření otáčkové regulace
Zvolené parametry regulátoru otáček: $K_p=1$; $T_n = 10$ [ms]
- C. Záznamy měření otáčkové regulace
Zvolené parametry regulátoru otáček: $K_p=1$; $T_n = 50$ [ms]
- D. Záznamy měření otáčkové regulace
Zvolené parametry regulátoru otáček: $K_p=10$; $T_n = 50$ [ms]
- E. Záznamy měření polohové regulace
Zvolené parametry regulátoru polohy: $K_p=0,1$; $T_n = 0$ [ms]
- F. Záznamy měření polohové regulace
Zvolené parametry regulátoru polohy: $K_p=0,2$; $T_n = 0$ [ms]
- G. Záznamy měření polohové regulace
Zvolené parametry regulátoru polohy: $K_p=0,5$; $T_n = 0$ [ms]
- H. Záznamy měření polohové regulace
Zvolené parametry regulátoru polohy: $K_p=1$; $T_n = 0$ [ms]
- I. Záznamy měření polohové regulace
Zvolené parametry regulátoru polohy: $K_p=2$; $T_n = 0$ [ms]
- J. Záznamy měření polohové regulace
Zvolené parametry regulátoru polohy: $K_p=5$; $T_n = 0$ [ms]
- K. Záznamy měření módu SETUP
Zvolené parametry regulátoru polohy: $K_p=0,2$; $T_n = 0$ [ms]
- L. Záznamy měření módu SETUP
Zvolené parametry regulátoru polohy: $K_p=2$; $T_n = 0$ [ms]
- M. Záznamy měření módu SETUP
Zvolené parametry regulátoru polohy: $K_p=5$; $T_n = 0$ [ms]
- N. Záznamy měření módu POSITIONING
Zvolené parametry regulátoru polohy: $K_p=0,2$; $T_n = 0$ [ms]
- O. Záznamy měření módu POSITIONING
Zvolené parametry regulátoru polohy: $K_p=2$; $T_n = 0$ [ms]
- P. Záznamy měření módu POSITIONING
Zvolené parametry regulátoru polohy: $K_p=5$; $T_n = 0$ [ms]
- Q. Záznamy měření módu HOMING MOVEMENT
Zvolené parametry regulátoru polohy: $K_p=2$; $T_n = 0$ [ms]
- R. Záznamy měření módu HOMING ON THE FLY směr 1
Zvolené parametry regulátoru polohy: $K_p=2$; $T_n = 0$ [ms]
- S. Záznamy měření módu HOMING ON THE FLY směr 2
Zvolené parametry regulátoru polohy: $K_p=2$; $T_n = 0$ [ms]
- S. vybrané funkční diagramy měniče SIMOVERT MASTERDRIVES MC
- T. vyobrazení měniče SIEMENS MASTERDRIVES MC